

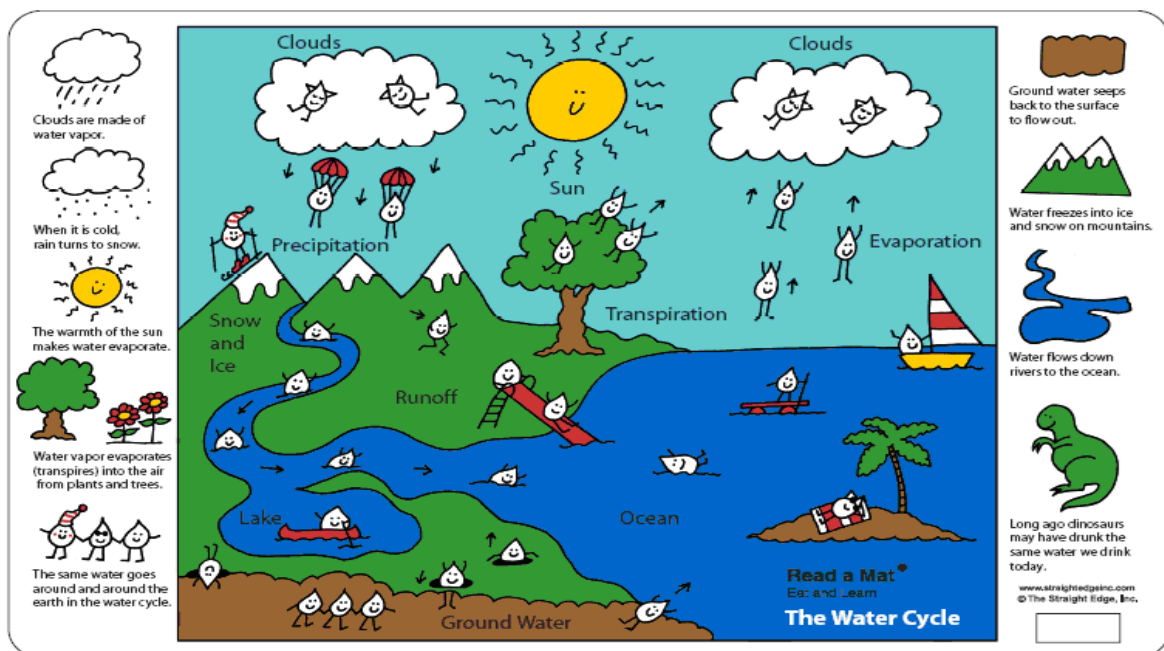


อุทกวิทยา Hydrology

โดย ผศ.ดร. นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์

อุทกวิทยา

Hydrology



<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleplacemat.html>

ผศ.ดร. นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์

อุทกวิทยา . - กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

428 หน้า

1.อุทกวิทยา. 2.น้ำ. I.ชื่อเรื่อง.

551.48

สงวนลิขสิทธิ์

พิมพ์ครั้งแรก จำนวน 2,000 เล่ม ตุลาคม พ.ศ. 2551

ออกแบบปก และตัวอักษร

โดย ด.ญ. ปริณดา หวังวงศ์วิโรจน์

ผู้จัดทำหน่วย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881 โทรสาร 0-2254-9495

ม.นครสวรรค์ จ. พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

สาขาจัตุรัสจามจุรี (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5300-1 โทรสาร 0-2160-5304

CALL CENTER โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือทะเลแก้ว ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-7010

โทรสาร 0-5521-6388

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652

ศูนย์หนังสือตรัง จ.ตรัง โทร. 0-7521-8115 โทรสาร 0-7521-8115

ร้านหนังสือบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) งามคำแหง 43/1 โทร. 0-2538-2573

โทรสาร 0-2539-7091

ร้านค้าติดต่อ

แผนกขายส่ง สยามสแควร์ ชั้น 14 โทร. 0-2218-9889-90 โทรสาร 0-2254-9495

พิมพ์ที่

บริษัทด้านสุทธา

แยกสี/เพลท

เอ็น อาร์ พิล์ม

คำนำ

ตำรา “อุทกวิทยา” เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา อุทกวิทยา (Hydrology) ซึ่งเป็นวิชาเฉพาะบังคับตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ และวิศวกรรมชลประทาน

เนื้อหาที่กล่าวถึงในตำราเล่มนี้ประกอบด้วย บทนำเกี่ยวกับคำจำกัดความ ขอบเขตของวิชาอุทกวิทยา วัฏจักรของน้ำ ความสัมพันธ์ของงานพัฒนาแหล่งน้ำและอุทกวิทยา ตลอดจนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย บทที่ 2 กล่าวถึงลุ่มน้ำและการวัดรายละเอียดจากแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐาน ถ้าวิศวกรมีความรู้ในรายละเอียดเหล่านี้ จะสามารถประยุกต์ใช้กับระบบเทคโนโลยีภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) ในปัจจุบันได้อย่างเข้าใจและมีประสิทธิภาพ บทที่ 3 ถึงบทที่ 7 กล่าวถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในวัฏจักรของน้ำในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งประกอบด้วย หยาดน้ำฟ้า น้ำท่า การระเหย การคายน้ำ และการคายระเหย การซึมลงดิน และน้ำใต้ดิน เมื่อมีความรู้ในปริมาณน้ำในแต่ละส่วนแล้ว ในบทที่ 8 จะพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำทั้งหมดรวมกันในการศึกษาเรื่องกราฟน้ำท่าซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณออกแบบด้านวิศวกรรม บทที่ 9 กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลกราฟน้ำท่าเมื่อปริมาณน้ำหลากเคลื่อนตัวจากด้านเหนือน้ำไปยังด้านท้ายน้ำ และบทที่ 10 กล่าวถึงการวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยหลักทางสถิติ ซึ่งเป็นความรู้เบื้องต้นที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณออกแบบอาคารทางชลศาสตร์ การทำนายปริมาณน้ำท่วมในอนาคต ตลอดจนการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต่าง ๆ

ในขณะที่เขียนต้นฉบับตำราเล่มนี้ ได้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้บ่อยนักในประเทศไทย คือมีพายุลูกเห็บถล่มที่ดอยช้าง จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2551 และช่วงต้นเดือนพฤษภาคม ปีเดียวกันนี้ ได้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติจากเหตุการณ์พายุไซโคลนนาร์กีสพัดถล่มประเทศพม่าซึ่งเป็นประเทศเพื่อนบ้านกับประเทศไทย ทำให้ได้รับความเสียหายและมีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก ทั้งสองเหตุการณ์นี้มีความเกี่ยวข้องกับอุทกวิทยาในเรื่องหยาดน้ำฟ้า ผู้เขียนจึงได้รวบรวมรายละเอียดไว้ในตำราเล่มนี้ด้วยเพื่อเป็นกรณีศึกษา

ในส่วนของภาคผนวก ก ได้รวบรวมเรื่องมาตรวัดใช้ตามประเพณีไทยและอัตราเทียบกับระบบเมตริกซึ่งเป็นผลงานของท่านอาจารย์บุญชอบ กาญจนลักษณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกวิทยาท่านหนึ่งของประเทศไทย เพื่อให้เยาวชนรุ่นหลังได้รู้จักหน่วยมาตรวัดที่ประเทศไทยใช้ในอดีต สำหรับภาคผนวก ข เป็นเรื่องการจัดซื้อพายุหมุนเขตร้อน

ตำราเล่มนี้ ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลและรูปภาพประกอบการบรรยายจากหน่วยงานและบุคคลต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนอุทกวิทยา สำนักงานอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (คุณสมคิด สะเภาคำ) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (คุณไมตรี ฝอยทอง) และกลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณ คุณอรรรถพล วงศ์ตระกูล และเด็กหญิงปริณดา หวังวงศ์วิโรจน์ ที่ได้ช่วยวาดรูปประกอบ ทำให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เขียนตำราและบทความต่าง ๆ ที่ผู้เขียนได้ใช้เป็นแหล่งค้นคว้าและอ้างอิงในการเขียนตำรา “อุทกวิทยา” เล่มนี้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า ตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านบ้างไม่มากนักน้อย และขอให้ทุกท่านมีความสุขกับการอ่านตำราอุทกวิทยา

ผศ.ดร. นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์

ตุลาคม 2551

สารบัญ

คำนำ

บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	น้ำคือชีวิต	1
1.2	วิชาที่เกี่ยวข้องกับน้ำ	1
1.3	คำจำกัดความของอุทกวิทยา	2
1.4	วัฏจักรของน้ำ	2
1.5	ปริมาณน้ำในโลก	4
1.6	สมดุลของปริมาณน้ำในโลก	5
1.7	ขอบเขตของวิชาอุทกวิทยา	7
1.8	ประวัติของวิชาอุทกวิทยา	8
1.9	ความเป็นมาของงานอุทกวิทยาในประเทศไทย	8
1.10	การพัฒนาแหล่งน้ำกับอุทกวิทยา	10
1.11	การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย	11
1.12	หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ บรรณานุกรม	11 19
บทที่ 2	ลุ่มน้ำและการวัดรายละเอียดจากแผนที่ภูมิประเทศ	21
2.1	ลุ่มน้ำ	21
2.1.1	ล้นปันน้ำ	21
2.1.2	ลักษณะที่สำคัญและชนิดของลุ่มน้ำ	25
2.1.3	ลุ่มน้ำหลักและการจัดกลุ่มลุ่มน้ำของประเทศไทย	26
2.2	การวัดรายละเอียดจากแผนที่ภูมิประเทศ	29
2.2.1	การวัดความยาวหรือระยะทาง	29
2.2.2	การวัดความลาดเอียงหรือความแตกต่างทางระดับ	31
2.2.3	การวัดพื้นที่	32
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	41
	บรรณานุกรม	44
บทที่ 3	หยาดน้ำฟ้า	45
3.1	กระบวนการเกิดหยาดน้ำฟ้า	46
3.2	รูปแบบของหยาดน้ำฟ้า	51
3.3	กลไกการลอยตัวของอากาศ	57
3.4	ประเภทของฝน	57
3.5	ฝนในประเทศไทย	60
3.6	พายุไซโคลนนาร์กิส	72
3.7	การวัดปริมาณน้ำฝน	78

3.8	ความเข้มของฝน	85
3.9	ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝน	86
3.10	ปริมาณน้ำฝนเฉพาะจุดหรือสถานี	86
3.11	การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไป	89
3.12	ปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่	92
3.13	การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล	103
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	108
	บรรณานุกรม	111
บทที่ 4	น้ำท่า	113
4.1	การวัดระดับน้ำ	113
4.1.1	ไม้วัดระดับน้ำ	113
4.1.2	เครื่องวัดระดับแบบลวดน้ำหนัก	118
4.1.3	เครื่องวัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูล	118
4.2	การวัดความเร็วของการไหล	123
4.2.1	การวัดโดยใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	123
4.2.2	การวัดความเร็วโดยใช้ทุ่นลอย	127
4.3	การวัดอัตราการไหล	127
4.3.1	วิธีความเร็ว - พื้นที่หน้าตัด	128
4.3.2	วิธีการแล่นเรือ	140
4.3.3	วิธีการใช้สารละลาย	142
4.3.4	การใช้ฝายและรางน้ำ	144
4.3.5	การวัดโดยวิธีทางอ้อม	144
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล	144
4.4.1	การบันทึกข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล	144
4.4.2	การต่อขยายเส้นโค้งปริมาณน้ำ	146
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4	153
	บรรณานุกรม	154
บทที่ 5	การระเหย การคายน้ำ และการคายระเหย	155
5.1	การระเหย	155
5.1.1	การคำนวณการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ	155
5.1.2	การคำนวณจากถาดวัดการระเหย	156
5.2	การคายน้ำ	160
5.2.1	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคายน้ำ	160
5.2.2	การวัดปริมาณการคายน้ำ	161
5.3	การคายระเหย	161
5.3.1	การวัดหาค่าการคายระเหย	161
5.3.2	การคำนวณหาค่าการคายระเหยจากข้อมูลภูมิอากาศ	162

5.3.3	การคำนวณหาค่าการคายระเหยจากสภาพวัดการระเหย	185
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5	187
	บรรณานุกรม	189
บทที่ 6	การซึมลงดิน	191
6.1	คำจำกัดความ	191
6.2	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการซึมลงดิน	192
6.3	วิธีการหาค่าอัตราการซึมลงดิน	193
6.4	การซึมลงดินในพื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่	198
6.5	ดัชนีการซึมลงดิน	221
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6	224
	บรรณานุกรม	227
บทที่ 7	น้ำใต้ดิน	229
7.1	ลักษณะของน้ำใต้ดิน	229
7.1.1	การกระจายในแนวตั้งของน้ำใต้ดิน	229
7.1.2	ลักษณะของชั้นดินอุ้มน้ำ	232
7.2	การขุดเจาะบ่อบาดาล	233
7.2.1	ความหมายของบ่อบาดาล	233
7.2.2	วิธีการขุดเจาะบ่อบาดาล	233
7.2.3	การทดสอบปริมาณน้ำ	235
7.3	การไหลของน้ำใต้ดิน	236
7.3.1	กฎของดาร์ซี	236
7.3.2	สมการคูพิท	237
7.4	ศาสตร์ของบ่อบาดาลสำหรับสภาวะสมดุล	241
7.4.1	การไหลแบบรีซีมีสูบบ่อบาดาลแบบมีแรงดัน	241
7.4.2	การไหลแบบรีซีมีสูบบ่อบาดาลแบบไร้แรงดัน	243
7.5	ศาสตร์ของบ่อบาดาลในสภาวะไม่สมดุล	244
7.5.1	วิธีของทีส	245
7.5.2	วิธีของคูเปอร์ - จาคอบ	250
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7	253
	บรรณานุกรม	254
บทที่ 8	กราฟน้ำท่า	255
8.1	คุณลักษณะของกราฟน้ำท่า	255
8.2	ปริมาณฝนสุทธิและกราฟน้ำท่า	267
8.3	ความสัมพันธ์เชิงเวลาของกราฟน้ำท่า	270
8.4	กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย	275
8.5	การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย	299
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8	313

บรรณานุกรม	316
บทที่ 9 การเคลื่อนตัวของน้ำหลาก	317
9.1 การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ	318
9.1.1 อ่างเก็บน้ำ	318
9.1.2 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากตามสมการ Inventory	324
9.1.3 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากโดยวิธีของ Puls	326
9.1.4 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากโดยวิธีของ Goodrich	335
9.2 การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านลำน้ำ	341
9.2.1 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากโดยวิธี Muskingum	343
9.2.2 การหาค่าคงที่ K และ c โดยวิธี Muskingum	348
9.2.3 การหาค่าคงที่ K และ c โดยวิธีอื่น ๆ	350
9.2.4 การพิจารณาการไหลจากลำน้ำสาขาในการคำนวณ การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านลำน้ำ	356
9.2.5 การสังเคราะห์กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยโดยวิธีของ Clark	357
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9	365
บรรณานุกรม	368
บทที่ 10 การวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยหลักความถี่ของการเกิด	369
10.1 ความถี่และการแจกแจงความถี่	369
10.1.1 ความหมายของความถี่และการแจกแจงความถี่	369
10.1.2 รูปร่างกราฟความถี่	373
10.1.3 คุณสมบัติของการแจกแจงความถี่	375
10.2 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาน้ำท่วม	381
10.3 ความถี่ของการเกิดและรอบปีการเกิดซ้ำ	382
10.4 ฟังก์ชันการแจกแจงโอกาสความเป็นไปได้สำหรับการวิเคราะห์น้ำท่วม	384
10.4.1 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติ	384
10.4.2 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบล็อกปกติ	387
10.4.3 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบล็อกเพียร์สันประเภทสาม	387
10.4.4 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบกัมเบล	392
10.5 การวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมด้วยวิธีกราฟ	399
10.5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมด้วยวิธีกราฟ	399
10.5.2 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ Plotting position	400
10.6 สรุปการวิเคราะห์ทฤษฎีความเป็นไปได้	409
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10	410
บรรณานุกรม	413
ภาคผนวก ก ตัวคูณแปลงหน่วย	415
ภาคผนวก ข การตั้งชื่อพายุหมุนเขตร้อน	422



บทที่ 1 : บทนำ

INTRODUCTION

1.1 น้ำคือชีวิต

“... หลักสำคัญว่า ต้องมีน้ำ น้ำบริโภคและน้ำใช้ น้ำเพื่อการเพาะปลูก เพราะชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำคนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำ คนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้าคนอยู่ได้ แต่มีไฟฟ้าไม่มีน้ำ คนอยู่ไม่ได้...”

เป็นความตอนหนึ่งในพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช พระราชทาน เมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2529 ณ พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน เป็นพระราชดำรัสที่ทรงวางน้ำหนักให้กับเรื่อง “น้ำ” ซึ่งพระองค์ทรงตระหนักถึงความสำคัญของน้ำต่อความอยู่รอดของชีวิต ทั้งมนุษย์ สัตว์และพืช โดยเหตุที่น้ำนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ถ้าไม่มีน้ำ สิ่งมีชีวิตก็ไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้

นับแต่โบราณกาลมา ความเจริญรุ่งเรืองและอารยธรรมของชนชาติและประเทศต่าง ๆ ล้วนมีเหตุเกี่ยวข้องกับน้ำทั้งสิ้น พื้นที่ใดมีน้ำอุดมสมบูรณ์ ก็มักเป็นที่ตั้งถิ่นฐานบ้านเมืองของชนชาติต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่า อารยธรรมของชนชาติต่าง ๆ ในโลกเป็นอารยธรรมอันเนื่องมาจากน้ำ (hydraulic civilization) [1] อาทิเช่น อารยธรรมของชนชาติอียิปต์เกิดในลุ่มแม่น้ำไนล์ ของกลุ่มอาซิโร บาบิโลเนียนเป็นอารยธรรมจากลุ่มน้ำไทกริสและยูเฟรติส อารยธรรมของจีนเกิดจากลุ่มน้ำฮวงโหหรือแม่น้ำเหลือง และอารยธรรมของชาวอินเดียเป็นอารยธรรมจากลุ่มน้ำอินดัส เป็นต้น

ชาวไทยเมื่ออพยพลงมาจากญานาน ไกวจา กวางสี ได้อพยพมาตามสายแม่น้ำโขงและสายแม่น้ำสาละวิน แยกย้ายกันไปอยู่ในประเทศลาวและแคว้นฉานซึ่งอยู่ในประเทศพม่าในปัจจุบัน และส่วนใหญ่ได้เดินทางต่อมาตามสายแม่น้ำเจ้าพระยาลงมาทางใต้ถึงถิ่นฐานที่เราอาศัยอยู่กันเป็นประเทศไทยในปัจจุบันนี้

เมื่อน้ำมีความสำคัญมากต่อชีวิต จึงสมควรที่จะได้มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติ การเกิดและการแผ่กระจายของน้ำที่มีอยู่ในโลกให้เข้าใจชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อจะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาควบคุมและพัฒนาแหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์โดยถูกต้องต่อไป

1.2 วิชาที่เกี่ยวข้องกับน้ำ

นักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกสิ่งที่ห่อหุ้มโลกอยู่ออกเป็น 3 ประเภท คือ (ก) ผิวโลกที่เป็นหิน เรียกว่า Lithosphere (ข) ผิวโลกส่วนที่เป็นน้ำ เรียกว่า Hydrosphere และ (ค) อากาศที่ห่อหุ้มอยู่รอบโลก เรียกว่า Atmosphere หรือบรรยากาศ

ในส่วนที่เกี่ยวกับน้ำในโลก นักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกวิชาการที่กล่าวถึงน้ำออกเป็นสาขาวิชาโดยละเอียด คือ (ก) วิชาสมุทรศาสตร์ (Oceanography) กล่าวถึงทะเล มหาสมุทรทั่วไป (ข) วิชาอุตุนิยมวิทยาอุทก (Hydrometeorology) กล่าวถึงน้ำในบรรยากาศ ทั้งในรูปของไอน้ำและน้ำฝนที่ตกลงมาสู่ผิวโลก และ (ค) วิชาอุทกวิทยา (Hydrology) กล่าวถึงน้ำบนแผ่นดินหรือส่วนที่นอกเหนือจากสองวิชาแรก

นอกจากนี้ ยังมีวิชาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับน้ำในรายละเอียดเฉพาะวิชาอีก เช่น วิชาชลศาสตร์ (Hydraulics) ซึ่งเป็นสาขาของฟิสิกส์ กล่าวถึงคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของน้ำและของเหลวทั่วไป และวิชาอุทกศาสตร์ (Hydrography) หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยน้ำบนพื้นโลกเกี่ยวกับการวัดหรือการสำรวจแผนที่ทะเล โดยมีความมุ่งหมายเฉพาะเพื่อการเดินเรือ เป็นต้น

1.3 คำจำกัดความของอุทกวิทยา

อุทกวิทยา (Hydrology) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก คือ *Ydōp* (*hudōn*) ซึ่งแปลว่า น้ำ (water) และ *λόγος* (*logos*) ซึ่งแปลว่า การศึกษา (study) (<http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrology>) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในปฐพีศาสตร์ (Earth Sciences) ที่อธิบายถึงการเกิด การเคลื่อนที่หมุนเวียน การแผ่กระจายของน้ำบนแผ่นดิน (บนผิวดินและใต้ดิน) คุณสมบัติของน้ำทั้งทางฟิสิกส์และเคมี ตลอดจนปฏิกิริยาของน้ำที่มีต่อสภาวะแวดล้อม รวมทั้งความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก

“อุทกวิทยา” ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (พ.ศ. 2542) หมายถึง วิชาว่าด้วยน้ำที่มีอยู่ในโลก ดังนั้น งานด้านอุทกวิทยาจึงหมายถึง งานที่เกี่ยวกับการสำรวจ เก็บสถิติข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การแลกเปลี่ยนหรือการให้บริการข้อมูล การศึกษา วิเคราะห์ และวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลและความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำและการพัฒนาประเทศ [5]

ขอบเขตระหว่างวิชาอุทกวิทยาและปฐพีศาสตร์แขนงอื่น เช่น อุตุนิยมวิทยา (Meteorology) ธรณีวิทยา (Geology) นิเวศวิทยา (Ecology) อุทกศาสตร์ (Hydrography) และสมุทรศาสตร์ (Oceanography) มีความสัมพันธ์กันและไม่สามารถแยกได้เด่นชัด ในการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จะต้องนำความรู้ความเข้าใจในหลายสาขาวิชามาประกอบด้วย

1.4 วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic Cycle)

การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องและมีความสัมพันธ์กันของน้ำในรูปแบบต่าง ๆ แสดงได้โดยวัฏจักรของน้ำหรือการหมุนเวียนทางอุทกวิทยา ตามรูปที่ 1.1

ไอน้ำในบรรยากาศ (atmospheric moisture) คือ น้ำในรูปของไอน้ำที่มีอยู่ทั่วไปตลอดเวลา อาจมองเห็นได้ในรูปของเมฆ (cloud) หมอก (fog) หรือมองเห็นไม่ได้ในรูปของไอน้ำ (water vapor) ปริมาณไอน้ำที่มีความชื้นสูง การเปลี่ยนแปลงทางอุตุนิยมวิทยาของบรรยากาศรอบผิวโลกจะทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำและรวมตัวกันเป็นหยดน้ำตกลงสู่ผิวโลก เรียกว่า หยาดน้ำฟ้า หรือน้ำจากอากาศ (precipitation) โดยจะตกลงมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฝน (rainfall) หิมะ (snow) ลูกเห็บ (hail, sleet) น้ำแข็ง (ice) น้ำค้าง (dew) และน้ำค้างแข็งตัว (frost) เป็นต้น

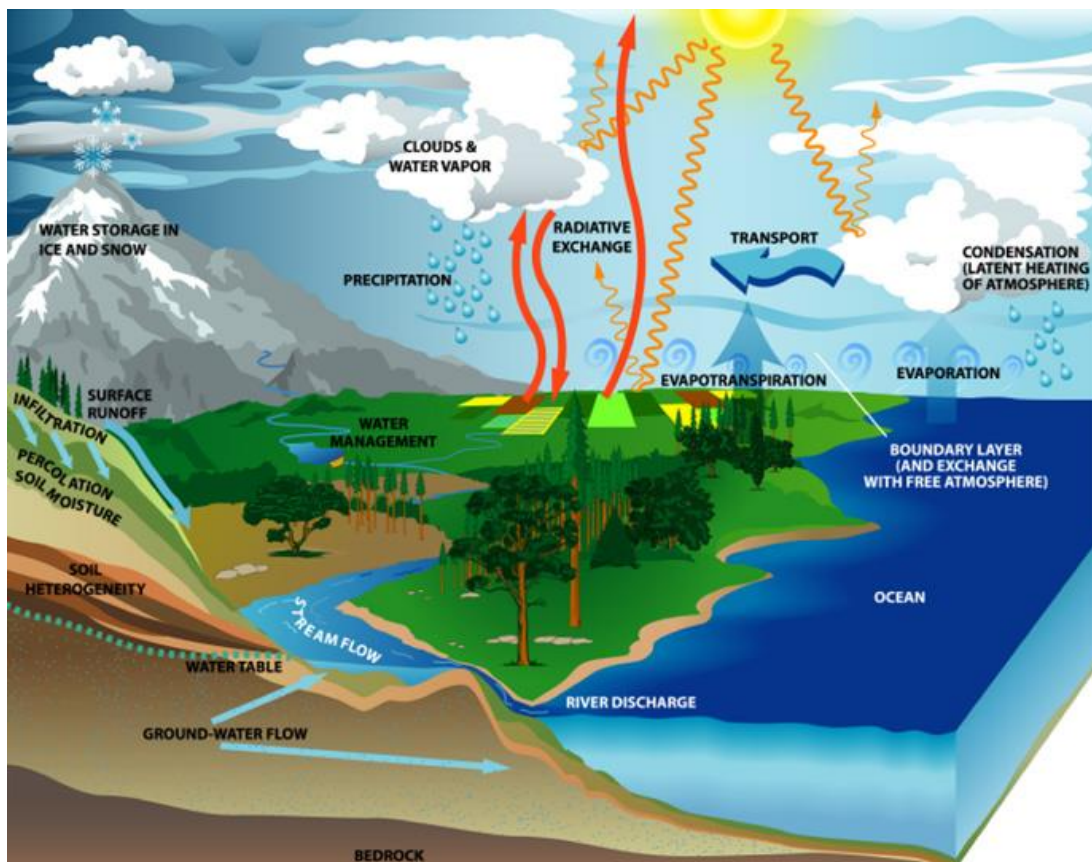
ปริมาณการตกทั้งหมดอาจไม่ถึงพื้นดิน บางส่วนจะค้างอยู่ตามต้นไม้หรือพืชต่าง ๆ เรียกว่า การดัก (interception) ซึ่งจะมีการระเหย (evaporation) และการคายน้ำ (transpiration) กลับคืนสู่บรรยากาศ ปริมาณการระเหยรวมกับการคายน้ำ เรียกว่า การคายระเหย (evapotranspiration)

ปริมาณฝนที่ตกถึงผิวดิน บางส่วนจะเกิดการซึม (infiltration) ลงใต้ผิวดินและกลายเป็นน้ำที่ไหลใน

ดิน (subsurface flow) จนกระทั่งดินอึดตัว น้ำส่วนที่ซึมลงไปอึดตัวอยู่ในดินจะถูกดูดซึมลึก (percolation) ลงไปในชั้นดินตามแรงดึงดูดของโลก จนถึงระดับน้ำใต้ดิน (water table) ที่มีน้ำอึดตัวขังอยู่ เรียกว่า น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (ground water) น้ำใต้ดินมีหลายระดับชั้น จะค่อย ๆ ไหลตามความลาดเทของชั้นดินไปสู่ที่ต่ำและอาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธารหรือออกสู่ทะเลโดยตรง น้ำใต้ดินบางส่วนที่ไหลซึมไปจนถึงชั้นทึบน้ำ จะไหลไปตามความลาดเทและขนานกับชั้นดินทึบน้ำเรียกว่า Interflow ซึ่งจะไหลออกสู่ผิวดินหรือแม่น้ำได้อีก

ปริมาณการตกถึงผิวดิน อีกส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักตามหลุม บ่อ และพืชคลุมดิน เรียกว่า depression storage ซึ่งอาจจะเหยกลับคืนสู่บรรยากาศหรือซึมผ่านลงใต้ผิวดิน ปริมาณน้ำฝนบางส่วนจะจับตัวเป็นฟิล์มบาง ๆ ตามผิวดินชั่วขณะหนึ่ง เรียกว่า น้ำรอการไหลตามผิวดิน (detention storage) ก่อนที่จะเกิดการไหลออกตามผิวดิน (overland flow หรือ surface flow) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) ลงสู่แม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ เรียกว่า น้ำท่า (runoff หรือ streamflow) ซึ่งจะมีการระเหยกลับคืนสู่บรรยากาศ หรือบางส่วนไหลซึมลงใต้ผิวดิน น้ำท่าจากแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ จะไหลออกสู่ทะเลและมหาสมุทรในที่สุด

ตลอดเวลาที่น้ำอยู่ในขั้นตอนต่าง ๆ จะเกิดการระเหยกลับคืนสู่บรรยากาศ ซึ่งสามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและกลายเป็นฝนตกลงมาอีก วัฏจักรของน้ำจึงไม่มีจุดเริ่มต้น ไม่มีที่สิ้นสุด หมุนเวียนอยู่เช่นนี้ และปริมาณน้ำในขั้นตอนต่าง ๆ ก็จะมีการแปรผันอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุม เช่น ลักษณะสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และสภาพทางธรณีวิทยา เป็นต้น



รูปที่ 1.1 วัฏจักรของน้ำ

ที่มา : <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/images/ocp2003/ocpfy2003-fig5-1.htm>

1.5 ปริมาณน้ำในโลก

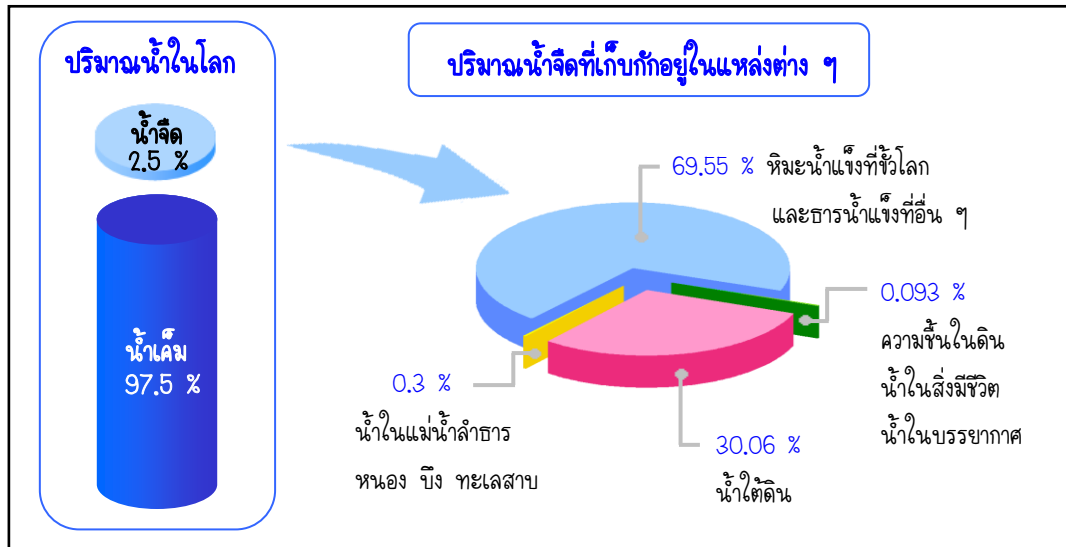
ปริมาณน้ำในโลกที่อยู่ในส่วนต่าง ๆ ของวัฏจักรของน้ำแสดงอยู่ในตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในทะเลและมหาสมุทร มีมากที่สุดถึงร้อยละ 96.5 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีในโลก ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือบนพื้นดินร้อยละ 3.5 นั้น ประมาณร้อยละ 1 เป็นน้ำเค็มที่ไหลใต้ผิวดินหรือในทะเลสาบ จึงเหลือน้ำจืดอยู่เพียงร้อยละ 2.5 เท่านั้น โดยปริมาณน้ำจืดส่วนใหญ่จะเป็นหิมะน้ำแข็งที่ปกคลุมในบริเวณขั้วโลก และธารน้ำแข็งในที่อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 69.55 ปริมาณน้ำจืดอีกร้อยละ 30.06 จะเป็นน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำจืดร้อยละ 0.09 กระจายอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ความชื้นในดิน น้ำในสิ่งมีชีวิต และน้ำในบรรยากาศ และปริมาณน้ำส่วนที่เหลืออีกเพียงร้อยละ 0.30 เป็นแหล่งน้ำจืดที่มนุษย์นำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค จะเห็นได้ว่าแหล่งน้ำจืดในโลกมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำเค็มในทะเลและมหาสมุทร ดังนั้น มนุษย์จึงต้องหาแนวทางต่าง ๆ ที่จะสงวนทรัพยากรแหล่งน้ำไว้ใช้ เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างฝาย และการขุดสระน้ำ เพื่อกักเก็บน้ำในฤดูฝนไว้ใช้ในช่วงหน้าแล้ง และการปลูกป่าเพื่อให้ดินดูดซับน้ำและเพิ่มความชื้นให้บรรยากาศ ทำให้มีฝนตก เป็นต้น

การกระจายของปริมาณน้ำในโลก แสดงอยู่ในรูปที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในแหล่งต่าง ๆ ในโลก

แหล่งน้ำ	พื้นที่ (ล้าน ตร.กม.)	ปริมาตร (ลบ.กม.)	ร้อยละของ น้ำทั้งหมด	ร้อยละของ น้ำทั้งหมด	ร้อยละของ น้ำจืด
น้ำเค็ม :				97.47	
ทะเล มหาสมุทร	361.3	1,338,000,000	96.5379		
น้ำใต้ดิน	134.8	12,870,000	0.9286		
ทะเลสาบ	0.8	85,400	0.0062		
น้ำจืด :				2.53	
น้ำใต้ดิน	134.8	10,530,000	0.76		30.06
ทะเลสาบ	1.2	91,000	0.007		0.26
ความชื้นในดิน	82.0	16,500	0.0012		0.05
หิมะน้ำแข็งที่ขั้วโลก	16.0	24,023,500	1.7333		68.58
หิมะและธารน้ำแข็งที่อื่น ๆ	0.3	340,600	0.0246		0.97
หนอง บึง	2.7	11,470	0.0008		0.03
แม่น้ำ	148.8	2,120	0.0002		0.006
น้ำในสิ่งมีชีวิต	510.0	1,120	0.0001		0.003
น้ำในบรรยากาศ	510.0	12,900	0.001		0.04
รวมปริมาณน้ำจืด	148.8	35,029,210			100
ปริมาณน้ำทั้งหมด	510.0	1,385,984,610	100	100	

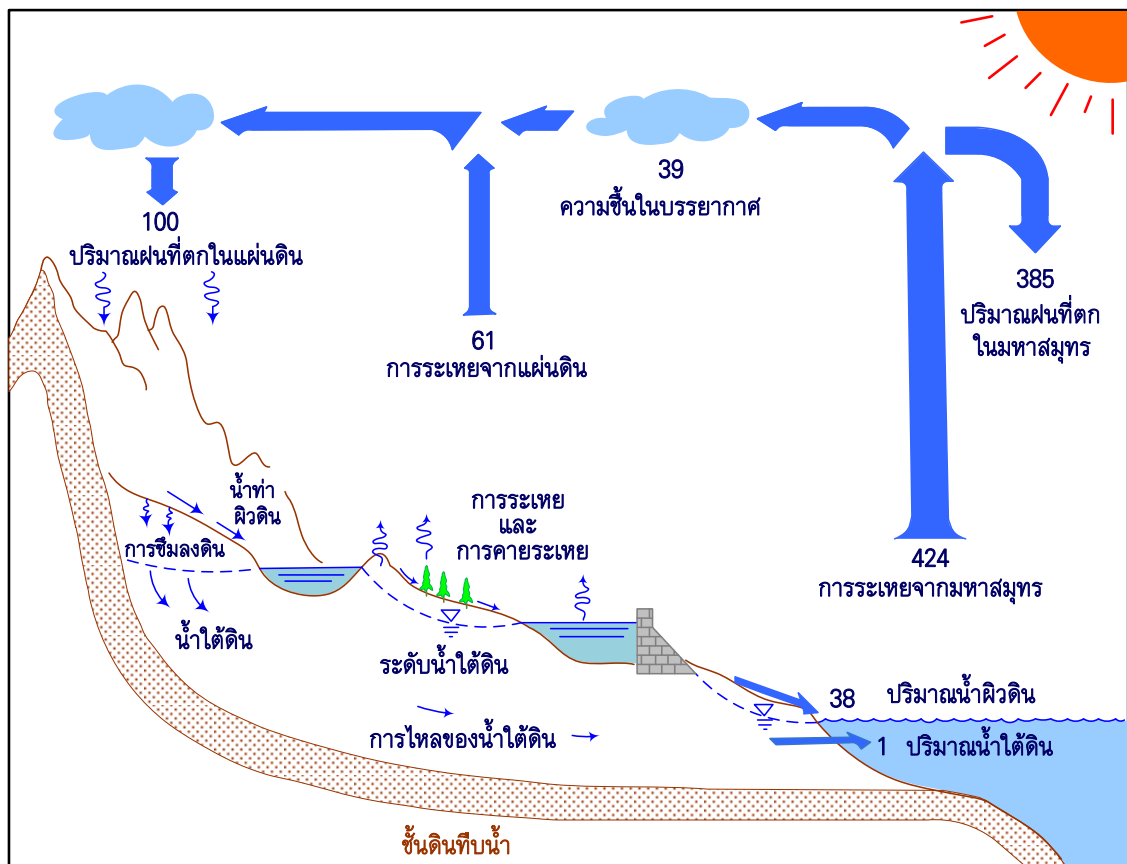
ที่มา : Maidment, D.R. [10]



รูปที่ 1.2 การกระจายของปริมาณน้ำในโลก

1.6 สมดุลของปริมาณน้ำในโลก

ปริมาณน้ำรายปีในส่วนต่าง ๆ ของวัฏจักรของน้ำแสดงอยู่ในรูปที่ 1.3 และตารางที่ 1.2



รูปที่ 1.3 ปริมาณน้ำรายปีในส่วนต่าง ๆ ของวัฏจักรของน้ำ เปรียบเทียบกับปริมาณฝนรายปีที่ตกในแผ่นดิน

ที่มา : Chow, V.T., et al. [9]

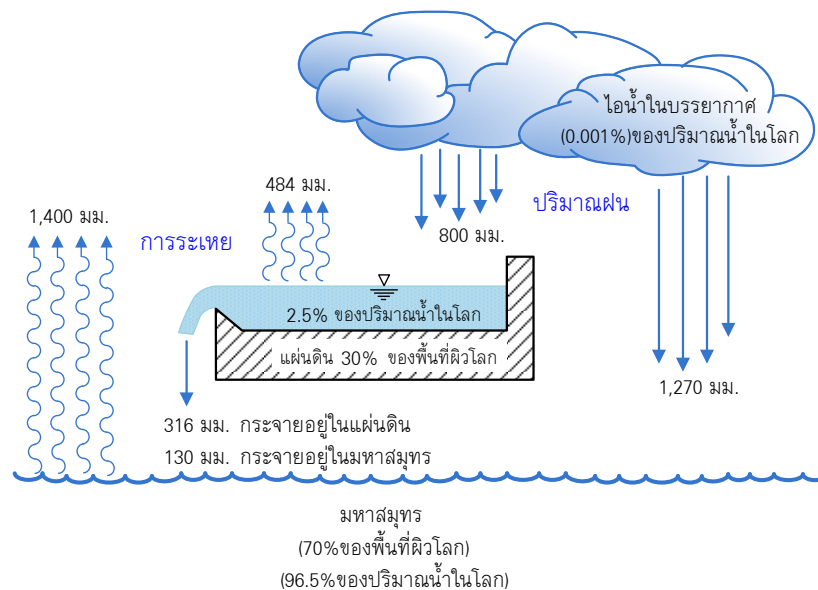
ตารางที่ 1.2 ปริมาณน้ำรายปีในส่วนต่าง ๆ ของวัฏจักรของน้ำ

ปริมาณน้ำรายปี		ในมหาสมุทร	ในแผ่นดิน
พื้นที่	(ตร.กม.)	361,300,000	148,800,000
ปริมาณฝน	(ลบ.กม./ ปี)	458,000	119,000
	(มม./ปี)	1,270	800
การระเหย	(ลบ.กม./ ปี)	505,000	72,000
	(มม./ปี)	1,400	484
น้ำท่าผิวดิน	(มม./ปี)	-	316
น้ำท่าที่ไหลออกสู่มหาสมุทร (น้ำท่าผิวดิน และน้ำใต้ดิน)	(มม./ปี)	130	-

ที่มา : Chow, V.T., et al. [9]

รูปที่ 1.3 แสดงปริมาณน้ำรายปีในส่วนต่าง ๆ ของวัฏจักรของน้ำ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตกในแผ่นดิน (119,000 ลบ.กม. หรือ 800 มม.) ซึ่งกำหนดให้เป็น 100 หน่วย ปริมาณการระเหยรายปีจากมหาสมุทร (505,000 ลบ.กม. คิดเป็น 424 หน่วย) มีค่ามากกว่าปริมาณการระเหยจากแผ่นดิน (72,000 ลบ.กม. คิดเป็น 61 หน่วย) ประมาณ 7 เท่า จะเห็นได้ว่ามหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นผิวโลก ปริมาณการไหลออกจากแผ่นดินลงสู่มหาสมุทร (316 มม./ปี คิดเป็น 39 หน่วย) มาจากปริมาณน้ำท่าผิวดิน (38 หน่วย) และน้ำใต้ดิน (1 หน่วย) ปริมาณน้ำส่วนนี้จะสมดุลกับปริมาณความชื้นในบรรยากาศที่เกิดจากการระเหยจากมหาสมุทรที่เคลื่อนที่เข้าสู่แผ่นดิน และรวมตัวกับความชื้นในบรรยากาศที่เกิดจากการระเหยจากแผ่นดิน กลายเป็นฝนตกลงมาในที่สุด

รูปที่ 1.4 แสดงปริมาณน้ำรายปีในโลกในหน่วยของความลึก (water depth) แทนหน่วยของปริมาตร



รูปที่ 1.4 สมดุลของปริมาณน้ำในโลก

ที่มา : Bras, R.L. [8]

จากรูปที่ 1.4 ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่ตกในแผ่นดินเท่ากับ 800 มม. มีค่าประมาณ 2 ใน 3 เท่าของปริมาณฝนที่ตกในมหาสมุทร (1,270 มม.) และปริมาณการระเหยรายปีจากแผ่นดินเท่ากับ 484 มม. มีค่าประมาณ 1 ใน 3 เท่าของปริมาณการระเหยจากมหาสมุทร (1,400 มม.) ปริมาณน้ำส่วนที่เหลืออีก 316 มม. จะกลายเป็นน้ำท่าที่ไหลตามผิวดิน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากแผ่นดินออกสู่ทะเลและมหาสมุทร มีค่าประมาณ 130 มม. ซึ่งเกิดจากผลรวมของการไหลออกของน้ำท่าผิวดินและน้ำใต้ดิน

1.7 ขอบเขตของวิชาอุทกวิทยา

ทรัพยากรน้ำตามสภาพธรรมชาติแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ น้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในทะเล สำหรับขอบเขตของวิชาอุทกวิทยา อาจกล่าวได้ว่า คือการศึกษาปริมาณน้ำทุกขั้นตอนตามวัฏจักรของน้ำส่วนที่อยู่บนแผ่นดิน (น้ำท่าผิวดินและน้ำใต้ดิน) หมายความว่า เมื่อน้ำไหลลงทะเลไปแล้วไม่ใช่อุทกวิทยา หรือน้ำฝนก่อนจะตกถึงผิวดินก็ไม่ใช่อุทกวิทยา แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางอุทกวิทยาต้องศึกษากว้างออกไปถึงการเกิดฝนตก เพราะน้ำฝนเป็นต้นทุนที่จะเกิดเป็นน้ำท่า และต้องศึกษาถึงการขึ้นลงของน้ำทะเลเพราะเป็นผลกระทบต่อน้ำจืดบริเวณปากแม่น้ำก่อนออกทะเล และความเค็มของน้ำทะเลมักจะรุกล้ำเข้ามาในลำน้ำ ทำให้น้ำกร่อย เป็นต้น

นอกจากนี้ ขอบเขตระหว่างวิชาอุทกวิทยาและปฐพีศาสตร์แขนงอื่น เช่น อุดุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา นิเวศวิทยา ฯลฯ มีความสัมพันธ์กันและไม่สามารถแยกได้เด่นชัด ในการศึกษาด้านอุทกวิทยาเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จึงต้องบูรณาการความรู้ความเข้าใจในสาขาวิชาอื่น ๆ มาประกอบด้วย ผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต ทำให้เกิดองค์ความรู้ด้านอุทกวิทยาที่ได้สะสมกันมาด้วยนักวิทยาศาสตร์ในประเทศต่าง ๆ มากมาย ก่อนสิ้นศตวรรษที่ 20 ได้มีการจำแนกองค์ความรู้ทางอุทกวิทยาออกเป็นสาขาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ([3] และ <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrology>)

- อุทกวิทยาพื้นผิวดิน (Surface hydrology) การศึกษากระบวนการทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นบนและเหนือผิวโลก
- อุตุ-อุทกวิทยา (Hydrometeorology) การศึกษาการเปลี่ยนรูปของน้ำและพลังงานระหว่างผิวดินและผิวน้ำ และบรรยากาศชั้นล่าง (lower atmosphere)
- อุทกวิทยาธรณี (Hydrogeology) ศึกษาการปรากฏ พลังงาน การเกิด การกระจายและการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินทั้งในชั้นดินและหิน ที่เป็นเปลือกโลก บางทีก็ใช้ภาษาอังกฤษว่า “Geohydrology” โดยนักอุทกวิทยาและวิศวกรมักใช้ Geohydrology ขณะที่นักธรณีวิทยาจะเรียกว่า Hydrogeology
- อุทกวิทยานิเวศ (Ecohydrology) เป็นสาขาใหม่ที่เชื่อมอุทกวิทยากับนิเวศวิทยาเข้าด้วยกัน เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและวัฏจักรของน้ำ ศึกษาบทบาทของพืชพรรณในลุ่มน้ำต่อกระบวนการทางอุทกวิทยา
- อุทกวิทยาเกษตรกรรม (Agricultural hydrology) ศึกษาผลกระทบจากระบบเกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อกระบวนการและผลผลิตของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ
- อุทกวิทยาไอโซโทป (Isotope hydrology) ศึกษารูปแบบไอโซโทปของน้ำ (isotopic signature) เป็นการใช้อิโซโทปคาดประมาณอายุ แหล่งที่มา และการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล และแหล่งกำเนิดของน้ำธรรมชาติอื่น ๆ ตามวัฏจักรของน้ำ

- อุทกวิทยาเคมี (Chemical hydrology) การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางเคมีของน้ำ
- สารสนเทศอุทกวิทยา (Hydro informatics) การปรับใช้เทคนิคทางสารสนเทศเพื่อการประยุกต์ทางอุทกวิทยาและทรัพยากรน้ำ เป็นสาขาหนึ่งที่ประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICTs) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีหลายวัตถุประสงค์ให้เกิดความเสมอภาคและมีประสิทธิภาพ

1.8 ประวัติของวิชาอุทกวิทยา

ในสมัยโบราณ มนุษย์นำน้ำมาใช้ในการดำรงชีวิตตลอดจนการเพาะปลูกต่าง ๆ ความพยายามในเรื่องการจัดการน้ำอาจศึกษาได้จากสภาพความเป็นอยู่ของชาวสุมาเรียนและชาวอียิปต์โบราณในตะวันออกกลางและชีวิตชาวจีนริมฝั่งแม่น้ำฮวงโห จากหลักฐานทางโบราณคดี พบว่ามีโครงสร้างอาคารชลศาสตร์เพื่อใช้ในการชลประทานและอาคารควบคุมน้ำอื่น ๆ มีการสร้างเขื่อนข้ามแม่น้ำไนล์ เมื่อประมาณ 4,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช และมีการสร้างคลองส่งน้ำระหว่างกรุงไคโรและสุเอซ

นักปรัชญาชาวกรีก เป็นผู้เริ่มต้นศึกษาศาสตร์ทางด้านอุทกวิทยา อริสโตเติลเป็นผู้เสนอว่า มวลไอน้ำที่มีความชื้นในอากาศจะกลั่นตัวเป็นน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของแม่น้ำ ไฮเมอรัสตั้งข้อสังเกตว่า น้ำทะเลที่อยู่ใต้ดินเป็นต้นกำเนิดของแหล่งน้ำจืด ในปี ค.ศ. 97 มีการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำท่าในกรุงโรม โดยอาศัยหลักการของวิธีพื้นที่หน้าตัดของอัตราการไหล และเลโอนาโด ดา วินชี ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วพื้นที่ และอัตราการไหล ในยุคสมัยเรเนซองส์ (Renaissance)

ในศตวรรษที่ 17 เปอรอลท์ (Perrault) ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนและคำนวณค่าอัตราการไหลผ่านแม่น้ำ Seine เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสอง โดยนำออกตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1694 ฮัลเลย์ นักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ (ค.ศ. 1656-1742) ทำการวัดค่าการระเหยจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยใช้ถาดใบเล็ก ๆ และสรุปว่าปริมาณการระเหยมีค่าสูงพอที่จะก่อให้เกิดลำน้ำสาขาได้ แมริออตต์ ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วกระแสในแม่น้ำ Seine ความรู้พื้นฐานทางด้านอุทกวิทยาในยุคต้น ๆ นี้ ก่อให้เกิดความก้าวหน้าในการศึกษาศาสตร์เรื่องน้ำในศตวรรษที่ 18 รวมทั้งทฤษฎีของเบอร์นูลลี หลอดปิโตต์ และสมการการไหลของเซชี (ค.ศ. 1769) ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานทางด้านชลศาสตร์และกลศาสตร์ของไหล

ในระหว่างศตวรรษที่ 19 มีความก้าวหน้าในการศึกษาเรื่องน้ำใต้ดิน ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ในวัสดุพรุนของดาร์ซี สมการการไหลในช่องของ Dupuit-Thiem และสมการการไหลของฮาร์เกน-ปัวซองต์ ในส่วนของอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ได้มีการสร้างสมการการไหลและเครื่องมือวัดจำนวนมาก ปี ค.ศ. 1861 ฮัมฟรีย์และแอบบอต รายงานการใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลในแม่น้ำมิสซิสซิปปี ประเทศสหรัฐอเมริกา

หลังจากการตีพิมพ์ผลงานของเปอรอลท์ (ค.ศ. 1694) นักวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการศึกษาในเรื่องของกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำในวัฏจักรของน้ำอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบัน สิ่งที่เกี่ยวข้องกับนักอุทกวิทยามากที่สุด คือปริมาณและการกระจายของน้ำในสภาพต่าง ๆ

1.9 ความเป็นมาของงานอุทกวิทยาในประเทศไทย

ตั้งแต่สมัยโบราณมา คนไทยใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ [2] โดยอาศัยน้ำฝนและน้ำท่าที่ล้นจากตลิ่งเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูกซึ่งเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ (Flood plain) การเพาะปลูกดังกล่าวมักจะทำในทุ่งราบก่อน ครั้นขยายพื้นที่กว้างขวางออกไปจนหมดที่ราบ จึงค่อย ๆ ทำการ

เพาะปลูกบนพื้นที่ที่สูงกว่าขึ้นไปในภายหลังและใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการส่งน้ำขึ้นไปใช้ในพื้นที่สูงนั้น

การอาศัยน้ำท่าที่ล้นตลิ่งเข้าไปยังพื้นที่เพาะปลูกนั้น เมื่อปราศจากการควบคุมก็ย่อมได้ผลดีผลเลียมตามแต่สภาพน้ำพอเหมาะ ในทุ่งเจ้าพระยาเกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ สภาพน้ำมากน้ำน้อยของแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นผลกระทบต่อผลผลิตของการทำนาในทุ่งราบสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในทุ่งราบภาคกลาง ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว พ.ศ. 2347 ได้เกิดน้ำท่วมใหญ่บริเวณภาคกลางซึ่งเป็นอยู่ข้าวอู่น้ำของไทย พระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัวจึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้จัดตั้งเสาว์ตระดับน้ำขึ้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เสาว์ตระดับน้ำเป็นเสาหินกลม ตั้งอยู่บนฐาน สามารถใช้วัดระดับน้ำจากฐานขึ้นไปสูง 6 ศอก หรือประมาณ 3 เมตร ส่วนแผ่นระดับน้ำทำด้วยไม้เนื้อแข็งสีดำฝังมุก บอกระดับเป็นนิ้ว คืบ ศอก เก็บไว้ต่างหาก ระดับน้ำสูงสุดของปีนั้น ๆ วัดจากฐานของเสาหิน แล้วนำค่ามาบันทึกไว้บนแผ่นระดับแต่ละปี ที่ตั้งเสาหินอยู่ที่ริมคลองเมืองด้านเหนือของพระราชวังเดิม ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นแม่น้ำป่าสักเดิม เริ่มวัดระดับน้ำสูงสุดประจำปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2347 เป็นต้นมา จนถึง พ.ศ. 2485 จึงได้ยกเลิก ปัจจุบันเสาหินยังอยู่ที่เดิม ชาวจังหวัดพระนครศรีอยุธยาถือว่าเป็นเสาหลักเมือง ส่วนแผ่นระดับน้ำนำมาเก็บไว้ที่หอสมุดแห่งชาติ (ปัจจุบันเก็บรักษาอยู่ที่พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ)

การตั้งเสาระดับน้ำเพื่อวัดระดับน้ำนองสูงสุดที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในสมัยรัชกาลที่ 3 กล่าวได้ว่าประเทศไทยได้เริ่มงานสำรวจอุทกวิทยาดังแต่นั้นมา ซึ่งนับถึงปัจจุบันเป็นเวลากว่า 170 ปีแล้ว นับว่าประเทศไทยได้เริ่มงานด้านอุทกวิทยามานานกว่าประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศ แม้จะเป็นเพียงการวัดค่าระดับน้ำสูงสุดเพียงปีละ 1 ครั้งก็ตาม ระดับน้ำสูงสุดดังกล่าวได้ตรวจวัดต่อเนื่องกันมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งหลังจากได้ยกเลิกเสาว์ตระดับน้ำเดิมแล้ว ได้เปลี่ยนมาวัดที่แม่น้ำป่าสักซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2486 เป็นต้นมา

งานตรวจวัดระดับน้ำของลำน้ำสายสำคัญอื่น ๆ ได้เริ่มสำรวจตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 20 เช่น การสำรวจระดับน้ำของแม่น้ำวังที่จังหวัดลำปาง เมื่อ พ.ศ. 2444 แม่น้ำเจ้าพระยาที่วัดท่าหาดเมื่อปี พ.ศ. 2448 ซึ่งได้ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำโดยวิธีท่อนลอย ณ สถานีนี้ด้วยระยะหนึ่ง แม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ เมื่อ พ.ศ. 2457 แม่น้ำป่าสักที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เมื่อ พ.ศ. 2457 แม่น้ำปิงที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ. 2460 แม่น้ำน่านที่จังหวัดน่าน เมื่อ พ.ศ. 2465 แม่น้ำบางปะกง ที่จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อ พ.ศ. 2469 แม่น้ำยมที่จังหวัดแพร่ เมื่อ พ.ศ. 2473 แม่น้ำชี ที่อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เมื่อ พ.ศ. 2479 แม่น้ำโขงที่จังหวัดหนองคาย เมื่อ พ.ศ. 2473 และหลังจากสงครามโลกครั้งที่สองแล้ว ได้เริ่มงานในภาคใต้ ที่แม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อ พ.ศ. 2493 และแม่น้ำมูล อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2494

งานสำรวจทางอุทกวิทยาโดยทั่วไปได้เริ่มดำเนินการโดยการตั้งเสาระดับน้ำสำรวจระดับน้ำก่อนระดับน้ำในแม่น้ำลำธารต่าง ๆ นั้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำนั้น การสำรวจระดับน้ำคือการสำรวจปริมาณน้ำในขั้นแรกนั่นเอง เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเทียบกับระดับน้ำได้แล้ว จะสามารถหาค่าปริมาณการไหลในลำน้ำได้ ซึ่งการวัดปริมาณน้ำเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหลนั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากและต้องการผู้ปฏิบัติที่เข้าใจวิธีการที่ลึกซึ้งกว่าการอ่านค่าระดับน้ำมาก ในระยะเริ่มแรกจึงเพียงแต่ทำการอ่านค่าระดับน้ำไว้ก่อน

งานสำรวจทางอุทกวิทยาได้ดำเนินการไปพร้อม ๆ กับงานโครงการชลประทานต่าง ๆ โดยเริ่มสร้างอาคารบังคับน้ำ เป็นรูปประตูระบายน้ำหรือเขื่อนทดน้ำ เริ่มตั้งแต่โครงการแรกคือ โครงการท่าหลวง เป็นโครงการก่อสร้างเขื่อนพระราม 6 สร้างในแม่น้ำป่าสัก เมื่อปี พ.ศ. 2458 มีคลองส่งน้ำต่อเนื่องไปยังโครงการรังสิตเหนือและรังสิตใต้จนถึงคลองด่านจรดกันอ่าวไทย ในแม่น้ำสุพรรณมีโครงการโพธิ์พระยา

สร้างเมื่อ พ.ศ. 2464 โครงการสามชุก เมื่อ พ.ศ. 2478 ในแม่น้ำนครนายก มีโครงการนครนายก เมื่อ พ.ศ. 2466 หลังจากนั้น มีโครงการแบบเหมืองฝายในลุ่มน้ำภาคเหนือ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำลาดชัน ตัวอาคารบังคับน้ำต้องทำเป็นฝายน้ำล้น เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ไหลหลากมาโดยรวดเร็ว ไหลล้นไปได้โดยง่าย เริ่มจากโครงการฝายแม่แฝกในลำน้ำปิง เมื่อ พ.ศ. 2471 โครงการฝายแม่วังในปี พ.ศ. 2476 ฝายแม่ปิงเก่าใน พ.ศ. 2480 ฝายแม่กว้ง ใน พ.ศ. 2491 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เริ่มสร้างอาคารแบบควบคุมรับน้ำนองตามธรรมชาติ เมื่อ พ.ศ. 2482 ที่ริมแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย และที่ริมแม่น้ำชี คือโครงการทุ่งแช่งบาดาล จังหวัดร้อยเอ็ด และที่บ้านตูมบ้านดัว จังหวัดมหาสารคาม นอกจากนี้มีโครงการแบบเหมืองฝาย ที่ห้วยน้ำหมาน จังหวัดเลย โครงการแบบประตูระบาย ที่ลำตะคองและทุ่งสัมฤทธิ์ จังหวัดนครราชสีมา ใน พ.ศ. 2482

งานพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทานได้ขยายตัวกว้างขวางขึ้นไปตามลำดับ ภายหลังจากสงครามโลกครั้งที่สองแล้ว ประเทศไทยได้เร่งรัดงานด้านพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทานและการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ การเดินเรือ การป้องกันอุทกภัย รวมถึงการประปาและการอุตสาหกรรมบางส่วนอีกด้วย ในการวางโครงการต่าง ๆ เหล่านี้ ต้องการข้อมูลทางอุทกวิทยาของแหล่งน้ำต่าง ๆ กรมชลประทานจึงได้เริ่มงานสำรวจอุทกวิทยา โดยใช้วิธีการที่ทันสมัยมากกว่าในอดีต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2490 เป็นต้นมา โดยตั้งเป็นแผนกอุทกวิทยาขึ้นตรงกับกองสำรวจ และในปี พ.ศ. 2518 ได้ยกฐานะขึ้นเป็นกองอุทกวิทยา

สำหรับงานอุทกวิทยาของประเทศไทยในปัจจุบัน ดำเนินการโดยหน่วยงานราชการหลายหน่วยงานซึ่งได้จัดตั้งขึ้นภายหลัง และมีหน้าที่ทำงานพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อใช้แหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์ด้านต่าง ๆ โดยแต่ละหน่วยงานได้ร่วมมือประสานงานกันในการสำรวจข้อมูล กล่าวคือ หากหน่วยงานหนึ่งทำการสำรวจข้อมูลสถิติน้ำฝน ระดับน้ำ ปริมาณน้ำ ปริมาณตะกอน ฯลฯ ไว้แล้ว ก็จะแจกจ่ายให้หน่วยงานอื่นที่ต้องการใช้ แต่ถ้าหากยังไม่ได้มีการสำรวจไว้เลย หน่วยงานที่จะใช้ข้อมูลจะต้องทำการสำรวจเองเพิ่มเติม

1.10 การพัฒนาแหล่งน้ำ (Water Resources Development) กับอุทกวิทยา (Hydrology)

น้ำจืดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในแม่น้ำลำธารนั้น เป็นทรัพยากรที่ใช้ไม่หมดสิ้น คือเกิดใหม่ได้ทุกปี (Renewable resources) หลายประเทศในโลกได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เช่น ส่งไปช่วยการเพาะปลูก หรือที่เรียกว่าการชลประทาน ใช้พลังน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ในการประปา การอุตสาหกรรม การเดินเรือ และการควบคุมการเกิดภัยพิบัติจากน้ำ การใช้ทรัพยากรแหล่งน้ำ เรียกว่า การพัฒนาแหล่งน้ำ (water resources development) [4] ทั้งนี้ เพราะจังหวัดที่เกิดมีแหล่งน้ำมักจะไม่สามารถคล้องกับจังหวัดที่ต้องการใช้น้ำ จึงต้องทำการพัฒนา โดยปกติในงานพัฒนาแหล่งน้ำต้องใช้วิชาการด้านวิศวกรรมในการออกแบบก่อสร้างอาคารควบคุมบังคับน้ำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือใช้งานได้ตามความต้องการ ซึ่งในการนี้ จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับแหล่งน้ำว่ามีลักษณะการเกิดดับผันแปรอย่างไร มีปริมาณน้ำที่สามารถนำไปพัฒนาได้สักเท่าใด และสร้างอาคารอย่างไรจึงเหมาะสม

ความรู้ซึ่งเกี่ยวกับทรัพยากรแหล่งน้ำว่าที่ใดจะมีปริมาณน้ำที่จะนำไปพัฒนาได้มากน้อยเท่าใด และมีพฤติการณ์เกิดดับผันแปรอย่างไรนั้น จึงเป็นความสำคัญประการแรกที่วิศวกรผู้จะทำงานพัฒนาแหล่งน้ำต้องการทราบ เมื่อคำตอบนี้หาจากที่ใดไม่ได้ วิศวกรต้องไปทำการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในแม่น้ำลำธาร ณ จุดที่ต้องการสร้างอาคารควบคุมนั้น แล้วจึงนำผลที่ได้ไปกำหนดวางแผนโครงการต่อไป

การสำรวจตรวจสอบศึกษาให้รู้ถึงการเกิดดับผันแปร การเคลื่อนที่หมุนเวียน และการแผ่กระจายของแหล่งน้ำตามธรรมชาตินี้เอง กลายเป็นวิชาการขึ้น เรียกว่า อุทกวิทยา (Hydrology) ซึ่งเริ่มด้วยการ

ตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณน้ำของแม่น้ำต่าง ๆ ก่อน แล้วตรวจวัดข้อมูลอื่น ๆ อันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำท่าได้มากน้อยในแม่น้ำลำธารนั้น ๆ งานอุทกวิทยาได้เริ่มทำกันในประเทศต่าง ๆ ทั่วไป ที่มีความต้องการพัฒนาแหล่งน้ำ งานอุทกวิทยาที่วิวัฒนาการมา อาจเริ่มด้วยงานบางส่วนก่อนแล้วค่อย ๆ ขยายกว้างออกไปภายหลัง ขณะเดียวกันก็ได้เริ่มงานศึกษาวิเคราะห์ลักษณะเชิงอุทกวิทยาของลุ่มน้ำต่าง ๆ ในแง่วิทยาศาสตร์ค่อย ๆ รวบรวมประมวลขึ้นเป็นวิชาการที่กว้างขวางออกไป

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจึงเห็นได้ว่างานอุทกวิทยากับงานพัฒนาแหล่งน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด การเกิดของแหล่งน้ำ คืออุทกวิทยา การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ คืองานพัฒนาแหล่งน้ำ ผู้ที่จะทำงานพัฒนาแหล่งน้ำต้องรู้ว่าแหล่งน้ำอยู่เท่าใด จึงมีคนจำนวนมากเข้าใจว่าเป็นเรื่องเดียวกันแต่โดยเนื้อแท้แล้วเป็นคนละอย่าง [6]

1.11 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มนุษย์ไม่สามารถผลิตเพิ่มขึ้นมา หรือลดปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติเองได้ตามความต้องการ บางปีฝนตกชุกต่อเนื่องจนเกิดความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม หรือบางปีฝนแล้งจนไม่สามารถแบ่งปันน้ำได้อย่างทั่วถึง

สถานการณ์เกี่ยวกับน้ำในปัจจุบันมีปัญหาก่อขึ้นเป็นอันมาก ทั้งด้านการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งตามท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศ ภาวะน้ำท่วมในฤดูฝนทำความเสียหายให้กับพืชผลและชุมชนในหลายท้องที่เป็นประจำทุกปี ตลอดจนการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทำให้คุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำของชุมชนเมืองใหญ่ ๆ เสียไปไม่อาจใช้ประโยชน์ได้ เหล่านี้ทำให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายต่อบุคคล สัตว์ พืช และทรัพย์สินต่าง ๆ ของส่วนรวมทุกปี

ในการแก้ไขวิกฤติการณ์น้ำ ต้องมีกระบวนการบริหารและดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เป็นรูปธรรมทั้งระยะสั้นและระยะยาว **“การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ”** คือการที่จะดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ เพื่อให้มีการจัดหา (พัฒนาแหล่งน้ำ) การจัดสรรและการใช้ทรัพยากรน้ำ การอนุรักษ์น้ำและฟื้นฟูแหล่งน้ำ ตลอดจนการแก้ไขเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ปัญหาอุทกภัยและทุพภิกขภัย (ภัยแล้ง) ปัญหาด้านคุณภาพน้ำ ตลอดจนการรักษาคุณภาพของระบบนิเวศ ในทุกพื้นที่ของแต่ละลุ่มน้ำ โดยมีเป้าหมายเพื่อประโยชน์ในการดำเนินชีวิตของทุก ๆ สิ่งในสังคม ทั้งคน สัตว์ และพืช อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ให้น้ำใช้อย่างยั่งยืนและทั่วถึง [7]

การดำเนินงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ จำเป็นต้องใช้ความรู้หลายสาขาวิชาเข้ามาช่วยจัดการ เช่น ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ รัฐศาสตร์ นิติศาสตร์ สังคมวิทยา และมานุษยวิทยา และในความหลากหลายของความรู้ต่าง ๆ นั้น การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจะต้องเป็นไปอย่างมีเอกภาพเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน อีกทั้งนโยบายการบริหารจัดการดังกล่าว ทุกฝ่ายในสังคม ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน ต้องมีส่วนร่วมในการกำหนดและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกัน

1.12 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทย ภายหลังจากการปฏิรูประบอบราชการเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545 และรายละเอียดหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1.3 [7]

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
1. สำนักงานรัฐมนตรี 1.1 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 1.2 สำนักงานประมาณ 1.3 สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (ก.พ.)	- เสนอแนะนโยบายและจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในภาพรวมของชาติ - เสนอแนะนโยบายและให้ความเห็นเกี่ยวกับงบประมาณ - ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยวิธีการงบประมาณ - เสนอแนะนโยบายด้านการบริหารงานบุคคล - ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการพลเรือน	- เสนอแนะนโยบาย แผนและมาตรการจัดการทรัพยากรน้ำ - พิจารณาแผนงานโครงการและจัดสรรงบประมาณให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ - พิจารณาอัตรากำลังให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2.1 สำนักงานปลัดกระทรวง 2.2 กรมชลประทาน	- รับผิดชอบงานบริหารทั่วไปของกระทรวง - ดำเนินการให้ได้มาซึ่งน้ำ หรือกักเก็บรักษา ควบคุม ส่ง ระบาย หรือแบ่งน้ำ เพื่อเกษตรกรรม การพลังงาน การสาธารณสุข โภชนา หรือการอุตสาหกรรม การป้องกันความเสียหายอันเกิดจากน้ำและการคมนาคมทางน้ำในเขตชลประทาน - งานบูรณะแหล่งน้ำ - ดำเนินการเกี่ยวกับกิจกรรมพิเศษต่างๆ อันไม่ได้เป็นแผนงานประจำปีของกรมชลประทาน - จัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรมตามกฎหมายว่าด้วยการจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม	- งานปฏิบัติการฝนหลวง (โดยสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร) - เช่นเดียวกับหน้าที่หลัก โดยโอนภารกิจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการ ได้แก่ งานขุดลอกหนอง และคลองธรรมชาติ งานจัดสรรน้ำในระดับแปลงนา งานสูบน้ำนอกเขตชลประทาน โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า งานบำรุงรักษาคลองส่งน้ำ งานเก็บเงินค่ากระแสไฟฟ้า และงานประสานและจัดตั้งสหกรณ์ผู้ใช้น้ำ โดยให้เลือกดำเนินการโดยอิสระ

ที่มา : วุฒิสภา [7]

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ต่อ)

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
2.3 กรมประมง	- ศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม การเพาะเลี้ยง ขยายพันธุ์ การเก็บรักษา และแปรรูปสัตว์น้ำ แหล่งประมงในและนอกน่านน้ำของประเทศไทย - ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำประมง และการแปรรูปสัตว์น้ำ	- โครงการพัฒนาประมงพื้นบ้าน - งานแหล่งน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำทำนบปลา
2.4 กรมพัฒนาที่ดิน	- ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์และวิจัยดินและที่ดิน เพื่อกำหนดนโยบายและวางแผนการใช้ที่ดินและเพื่อการพัฒนาที่ดิน - ให้บริการด้านการวิเคราะห์ตรวจสอบและแนะนำเกี่ยวกับน้ำ - ถ่ายทอดผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยและให้บริการด้านการพัฒนาที่ดิน	- งานพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ - งานซ่อมแซมและปรับปรุงแหล่งน้ำขนาดเล็กในท้องที่ปกครองส่วนท้องถิ่นโดยเลือกดำเนินการโดยอิสระ
2.5 กรมส่งเสริมสหกรณ์	- ส่งเสริมและเผยแพร่การสหกรณ์	- งานเกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำในท้องที่ปกครองส่วนท้องถิ่นโดยเลือกดำเนินการตามอิสระ
2.6 สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม	- ดำเนินการปฏิรูปที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม	- งานเกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำในท้องที่ปกครองส่วนท้องถิ่นโดยเลือกดำเนินการตามอิสระ
3. กระทรวงคมนาคม		
3.1 กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี	- ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการเดินเรือในน่านน้ำไทย - ดูแลการขนส่งทางน้ำ - ดำเนินการ ส่งเสริมและประสานการพาณิชยนาวี	- งานด้านการขุดและรักษาทางน้ำ
4. กระทรวงมหาดไทย		
4.1 กรมการปกครอง	- ดำเนินการเกี่ยวกับการบำบัดทุกข์บำรุงสุขแก่ประชาชน	- งานเกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำในท้องที่ปกครองส่วนท้องถิ่นโดยเลือกดำเนินการตามอิสระ

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ต่อ)

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
4.2 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	- ดำเนินการจัดทำแผนแม่บท วางมาตรการส่งเสริม สนับสนุนการป้องกัน บรรเทาและฟื้นฟูจากสาธารณภัย - กำหนดนโยบายด้านความปลอดภัย สร้างระบบป้องกันและเตือนภัย - ฟื้นฟูหลังเกิดภัย ติดตามประเมินผล เพื่อสร้างหลักประกันในด้านความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนทั่วไป	- ดำเนินการเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย
4.3 กรมโยธาธิการและผังเมือง	- ดำเนินการเกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน - ให้บริการและคำปรึกษาเกี่ยวกับงานออกแบบ งานก่อสร้าง - ดำเนินเกี่ยวกับงานผังเมือง	- งานป้องกันน้ำท่วมชุมชน
5. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร		
5.1 กรมอุตุนิยมวิทยา	- ติดตามรายงานและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ธรรมชาติด้านอุตุนิยมวิทยา - ออกคำพยากรณ์อากาศ ประกาศเตือนภัยด้านอุตุนิยมวิทยา	- ติดตามรายงานและพยากรณ์สภาพฝน
6. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม		
6.1 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	- จัดทำนโยบายและแผนส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม - ประสานการจัดทำแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ - ดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม - ดำเนินการและประสานงานด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนภูมิภาค	- งานด้านนโยบายและแผน และประสานงานจัดการทรัพยากรน้ำ
6.2 กรมควบคุมมลพิษ	- เสนอความเห็นเพื่อจัดทำนโยบายและแผนด้านการควบคุมมลพิษ	- งานจัดการคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ต่อ)

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
6.3 กรมทรัพยากรน้ำ	- เสนอแนะการกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมและมาตรฐานการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด - จัดทำแผนด้านการควบคุมมลพิษ - พัฒนารูปแบบ วิธีการในการจัดการกับมลพิษ - เสนอแนะนโยบาย แผนแม่บทและมาตรการในการบริหารจัดการพัฒนาอนุรักษ์ ปั่นฟู การใช้ประโยชน์ และการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ รวมทั้งกำกับและประสานให้เกิดการนำไปสู่การปฏิบัติ - กำหนดแนวทาง ในการจัดทำแผนปฏิบัติการในการบริหารจัดการพัฒนาอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชน - ศึกษา วิจัย พัฒนา อนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ - ติดตามประเมินผลการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำตามนโยบาย แผนแม่บท แผนปฏิบัติการ และมาตรการที่ได้กำหนดไว้ทั้งในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ - พัฒนาระบบฐานข้อมูล และเครือข่ายข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ - กำหนดหรือเสนอแนะให้มีการปรับปรุงหรือแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมาย กฎ ระเบียบในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ - ส่งเสริม เผยแพร่ ประชาสัมพันธ์และถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ รวมทั้งรณรงค์ทำความเข้าใจกับองค์กรและผู้มีส่วนได้เสีย เพื่อปลูกจิตสำนึกให้ตระหนักถึง	- เช่นเดียวกับหน้าที่หลัก โดยโอนภารกิจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการ ได้แก่ งานก่อสร้างระบบน้ำสะอาดหมู่บ้าน มาตรฐาน ก และ ข งานก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ระบบประปาชนบท ถังเก็บน้ำแบบ ฝ.99 งานซ่อมและปรับปรุงระบบประปาหมู่บ้านที่สร้างแล้ว งานชุดสระและชุดลอกหนองน้ำ เป็นต้น โดยให้เลือกดำเนินการโดยอิสระ

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ต่อ)

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
6.4 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	คุณค่าความสำคัญของทรัพยากรน้ำ - ประสานความร่วมมือกับต่างประเทศและองค์กรระหว่างประเทศเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ - ส่งเสริม สนับสนุน และให้คำปรึกษาด้านเทคนิควิชาการ มาตรฐานและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแก่หน่วยงานของรัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	- เช่นเดียวกับหน้าที่หลักโดยโอนภารกิจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการ ได้แก่ งานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำบ่อลึก งานพัฒนาเป่าล้างบ่อน้ำบาดาลที่ขุดเจาะไว้แล้ว งานสำรวจน้ำทางธรณีวิทยา งานขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล พร้อมสูบน้ำโยก
7. กระทรวงอุตสาหกรรม	- ควบคุม กำกับ ดูแล เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาลให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล - ติดตามประเมินผลและตรวจสอบการบริหารจัดการ อนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล และผลกระทบที่เกิดจากการพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาล - ศึกษา วิจัยและพัฒนา เพื่อบริหารจัดการ อนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล - ศึกษา วิจัยและพัฒนา เพื่อบริหารจัดการ อนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล - เป็นศูนย์ข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล	- โครงการเร่งรัดการขยายระบบประปาชนบท การเรียกเก็บค่าใช้น้ำบาดาล การมอบอำนาจการอนุญาตการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล เฉพาะบ่อน้ำไม่เกิน 4 นิ้ว และมอบอำนาจการอนุญาตใช้น้ำบาดาล ที่ใช้ไม่เกิน 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยให้เป็นหน้าที่ต้องทำและบางอย่างให้เลือกดำเนินการโดยอิสระ
7.1 กรมโรงงานอุตสาหกรรม	- ส่งเสริมและควบคุมโรงอุตสาหกรรม	- งานจัดการคุณภาพน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1.3 หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ต่อ)

หน่วยงาน	หน้าที่หลัก	หน้าที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ
8. กระทรวงกลาโหม 8.1 หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา กองบัญชาการทหารสูงสุด 8.2 กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ		- งานขุดบ่อน้ำบาดาล - งานขุดลอกแหล่งน้ำ - งานตรวจและพยากรณ์ระดับน้ำทะเล
9. กรุงเทพมหานคร 9.1 สำนักงานระบายน้ำ	- ดำเนินการเกี่ยวกับการป้องกันน้ำท่วม การระบายน้ำ และจัดการด้านคุณภาพน้ำในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร	- เช่นเดียวกับหน้าที่หลัก
10. ส่วนราชการอิสระ 10.1 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	- สนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยสาขาต่างๆ	- สนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยด้านน้ำ
11. รัฐวิสาหกิจ 11.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 11.2 การประปานครหลวง 11.3 การประปาสวนภูมิภาค 11.4 การเคหะแห่งชาติ 11.5 การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	- งานด้านนโยบายพลังงานไฟฟ้า - งานจัดหาและพัฒนาพลังงานไฟฟ้า - จัดจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค - จัดหาและจัดสรรน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร - จัดหาและจัดสรรน้ำประปาในเขตภูมิภาค - พัฒนาและจัดหาที่อยู่อาศัยให้กับประชาชนเป้าหมาย - จัดตั้งนิคมอุตสาหกรรมและดูแลเรื่องสิ่งแวดล้อมในเขตนิคม	- วางแผนและพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการพัฒนาพลังงานไฟฟ้า - เช่นเดียวกับหน้าที่หลัก - เช่นเดียวกับหน้าที่หลัก - จัดหาน้ำอุปโภคบริโภคให้แก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในโครงการ - จัดหาน้ำดิบสนับสนุนกิจการอุตสาหกรรม - จัดการเรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ที่มา : วุฒิสภา [7]

เว็บไซต์ของหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอุทกวิทยาและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแสดงอยู่ในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 เว็บไซต์ของหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับอุทกวิทยาและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ลำดับที่	หน่วยงาน	เว็บไซต์
1	กรมทรัพยากรน้ำ	http://www.dwr.go.th
2	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	http://www.dgr.go.th
3	กรมชลประทาน	http://www.rid.go.th
4	กรมควบคุมมลพิษ	http://www.pcd.go.th
5	กรมทรัพยากรธรณี	http://www.dmr.go.th
6	กรมพัฒนาที่ดิน	http://www.idd.go.th
7	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	http://www.disaster.go.th
8	กรมอุตุนิยมวิทยา	http://www.tmd.go.th
9	กรมอุทกศาสตร์ (กองอุตุนิยมวิทยา)	http://www.navy.mi.th/navymet
10	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	http://www.egat.co.th
11	คลังข้อมูลสภาพน้ำของประเทศไทย	http://www.thaiwater.net
12	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร	http://www.haii.or.th
13	สำนักเทคโนโลยีอากาศและภูมิสารสนเทศ	http://www.gistda.or.th
14	คณะกรรมการแม่น้ำโขง	http://www.mrcmekong.org
15	สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	http://www.rdpb.go.th
16	กรุงเทพมหานคร	http://www.bma.go.th
17	กลุ่มภารกิจด้านทรัพยากรน้ำในแผ่นดิน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	http://www.water.go.th

บรรณานุกรม

- [1] กนก ประนิช, “น้ำกับพลเมือง”, วารสารชมรมนักอุทกวิทยาไทย, ปีที่ 7, ฉบับที่ 6-2545, หน้า 55-64.
- [2] ดำรง จรัสวัฒน์, “ความเป็นมาของงานอุทกวิทยาในประเทศไทย”, วารสารชมรมนักอุทกวิทยา, ปีที่ 4, ฉบับที่ 4-2543, หน้า 146-162.
- [3] นิพนธ์ ตั้งธรรม, “ก้าวข้างหน้าของอุทกวิทยาไทย”, บทความวิชาการในหนังสือ “60 ปี อุทกวิทยา กรมชลประทาน”, สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กันยายน 2550, หน้า 151-165.
- [4] วีระพล แต่สมบัติ, “ทรัพยากรน้ำผิวดินของประเทศไทย”, วารสารชมรมนักอุทกวิทยา, ปีที่ 3, ฉบับที่ 3-2542, หน้า 105-128.
- [5] วีระพล แต่สมบัติ, “บทบาทของอุทกวิทยาในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการพัฒนาประเทศ”, บทความวิชาการในหนังสือ “60 ปี อุทกวิทยา กรมชลประทาน”, สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กันยายน 2550, หน้า 171-188.
- [6] วีระพล แต่สมบัติ, “หลักอุทกวิทยา”, ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.
- [7] วุฒิสภา, “รายงานการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่สัมฤทธิ์ผลในประเทศไทย”, จัดทำโดย คณะกรรมาธิการวิสามัญศึกษาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่สัมฤทธิ์ผลในประเทศไทย, วุฒิสภา, 2546.
- [8] Bras, R.L., “Hydrology : an Introduction to Hydrologic Science”, Addison-Wesley, 1990.
- [9] Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., “Applied Hydrology”, McGraw-Hill, 1988.
- [10] Maidment, D.R., Chapter 1 Hydrology. In “Handbook of Hydrology”, McGraw-Hill Inc., 1993.

บทที่ 2 : ลุ่มน้ำและการวัดรายละเอียดจากแผนที่ภูมิประเทศ

(Watershed and Measurements from Topographic Map)

ในการคำนวณด้านอุทกวิทยานั้น มีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการวัดบริเวณพื้นที่รับน้ำในทางกายภาพอยู่มาก ซึ่งสามารถวัดได้จากแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) ในบทนี้จะกล่าวถึงพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำ และหลักการพื้นฐานสำหรับการวัดรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงานอุทกวิทยาจากแผนที่ภูมิประเทศ

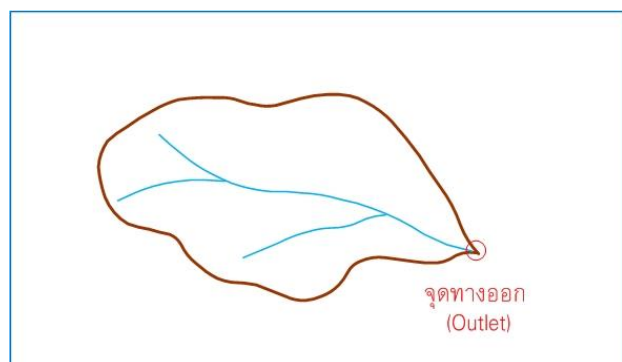
2.1 ลุ่มน้ำ (Watershed)

หมายถึง บริเวณพื้นที่ที่รับและระบายน้ำโดยนับรวมตั้งแต่บริเวณต้นน้ำ (Upstream) จนถึงจุดทางออก (Outlet) หรือปากแม่น้ำ (Estuary)

พื้นที่ลุ่มน้ำของแม่น้ำ ทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำใดๆ หมายถึง พื้นที่ซึ่งเมื่อฝนตกลงมาแล้ว น้ำจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำ ทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำนั้นๆ เส้นที่แบ่งเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงกัน เรียกว่า สันปันน้ำหรือเส้นแบ่งลุ่มน้ำ (water divide) การประมาณค่าของพื้นที่ลุ่มน้ำทำได้โดยการวัดพื้นที่ซึ่งล้อมรอบโดยสันปันน้ำในแผนที่ภูมิประเทศ

โดยทั่วไป รูปแสดงลุ่มน้ำมีลักษณะคล้ายใบไม้ ตามรูปที่ 2.1 โดยเส้นใบแสดงถึงลำน้ำที่อยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น

รูปที่ 2.1 รูปแสดงตัวอย่างลุ่มน้ำ

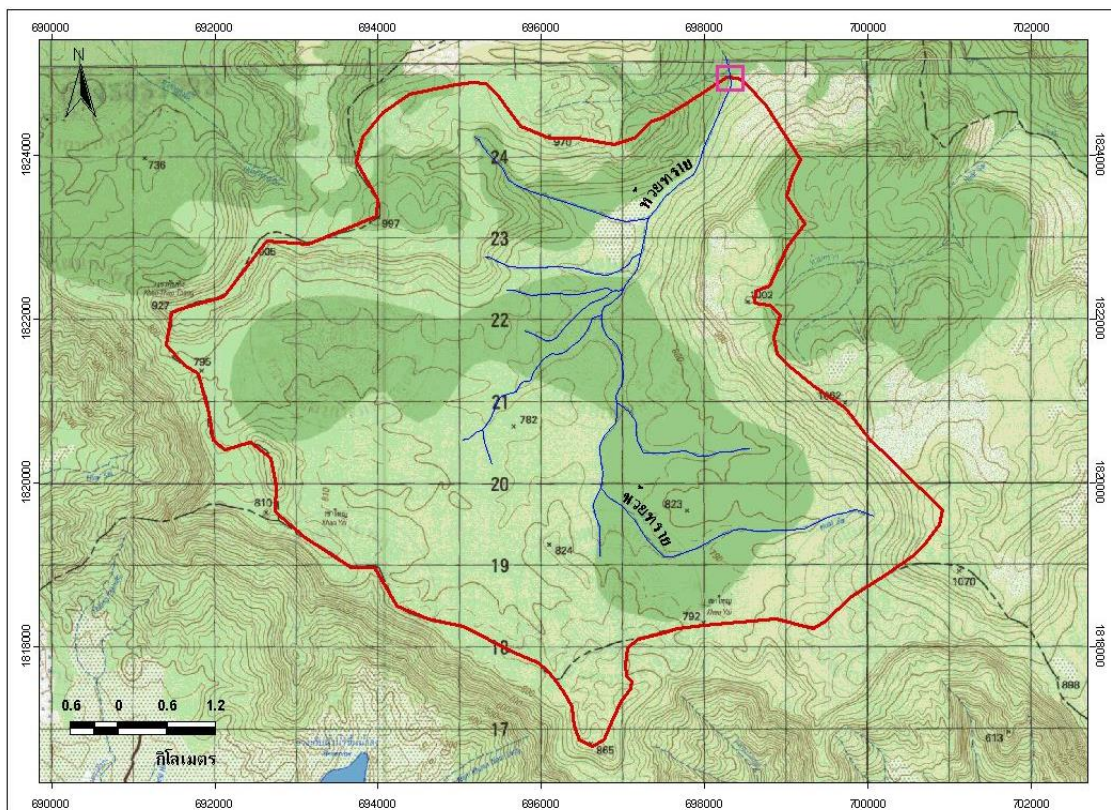


2.1.1 สันปันน้ำ (Water divide)

หมายถึง แนวสันเขาหรือสันเนินซึ่งเป็นแนวเขตแบ่งระหว่างลุ่มน้ำ โดยสันเขาหรือบริเวณที่สูงซึ่งแบ่งน้ำให้ไหลไปลงแม่น้ำลำธารที่อยู่แต่ละด้านของสันเขาหรือบริเวณที่สูงนั้น มักปรากฏเป็นแนวตอนบนสุดของทิวเขาซึ่งแบ่งเขตระหว่างลุ่มน้ำที่มีทิศทางการไหลตรงข้ามกัน

จากแผนที่ภูมิประเทศ เราสามารถหาขอบเขตพื้นที่รับน้ำหรือขอบเขตลุ่มน้ำได้โดยการลากเส้นผ่านแนวสันเขาหรือสันปันน้ำ ซึ่งก็คือบริเวณที่มีเส้นระดับชั้นความสูง (Contour line) ที่สูงที่สุด และภายในลุ่มน้ำหนึ่ง ๆ อาจแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย ๆ ได้อีกตามความเหมาะสม

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการหาขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทรายจากแผนที่ภูมิประเทศ ตำแหน่งที่มีเครื่องหมาย □ คือจุดทางออก (outlet) เส้นสีฟ้าในรูปแสดงลำน้ำห้วยทราย และเส้นสีแดงแสดงขอบเขตลุ่มน้ำห้วยทราย

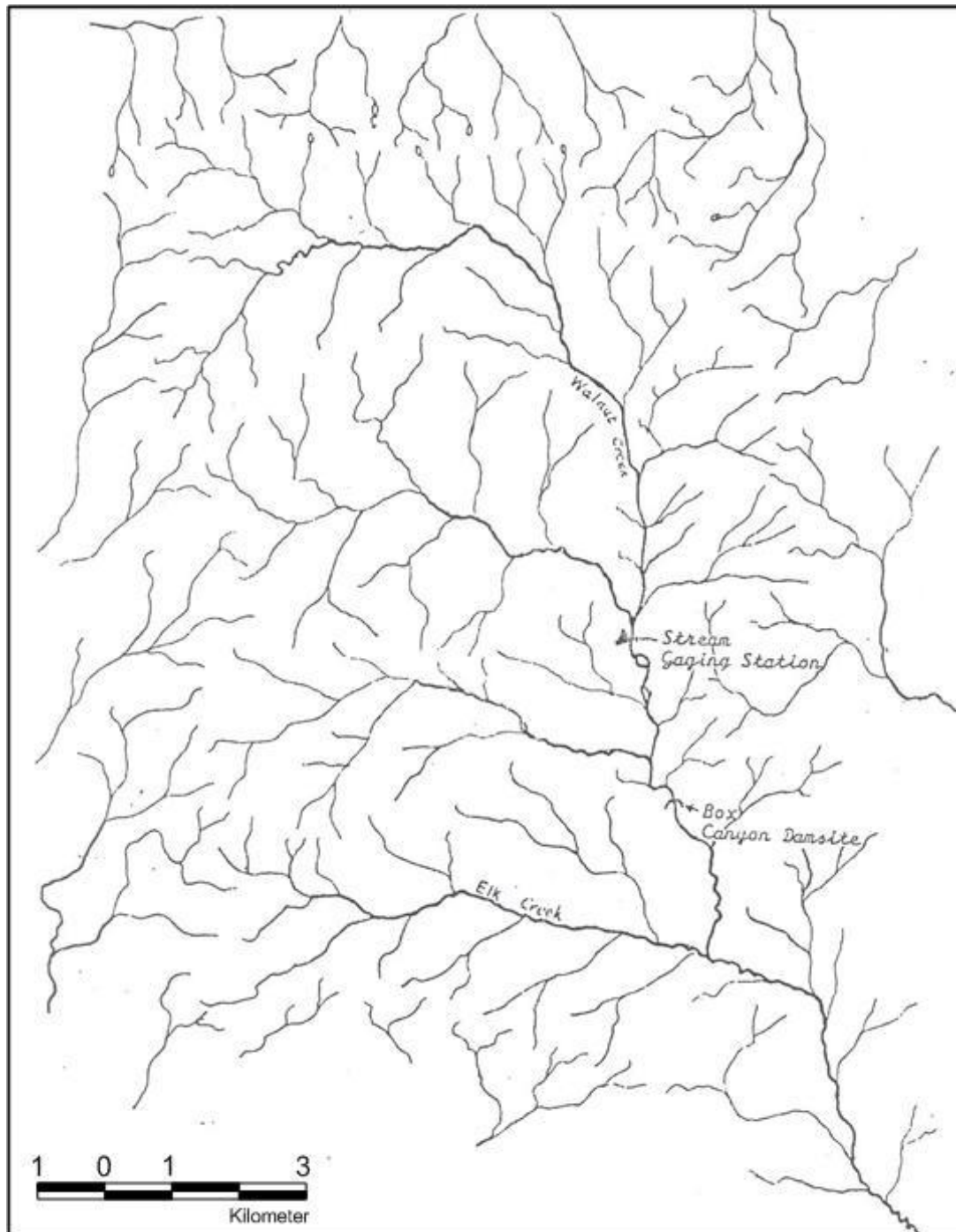


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการหาขอบเขตพื้นที่รับน้ำของลุ่มน้ำห้วยทราย อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

คำว่า “ลุ่มน้ำ” หรือ watershed นั้น ศัพท์ภาษาอังกฤษอาจจะได้หลายอย่าง อาทิเช่น basin, catchment หรือ drainage area ซึ่งแต่ละความหมายจะคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับกรณีพิจารณา

การหาเส้นขอบเขตพื้นที่รับน้ำหรือแนวสันปันน้ำ นอกจากพิจารณาได้จากเส้นระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศ พื้นที่รับน้ำยังสามารถหาออกมาได้จากแผนที่แสดงโครงสร้างทางน้ำ โดยขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำใดๆ จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งหรือจุดที่พิจารณาในลำน้ำ ซึ่งเรียกว่า จุดทางออก (outlet) ดังนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับลำน้ำหรือแม่น้ำใด ๆ จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อจุดทางออกหรือตำแหน่งที่พิจารณาในลำน้ำเคลื่อนไปทางด้านท้ายน้ำ ดังแสดงในตัวอย่างที่ 2.1

ตัวอย่างที่ 2.1 จากรูปที่กำหนดให้ จงหาขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ กำหนดจุดทางออก 2 จุด คือ ที่สถานีวัดน้ำ (Stream gauging station) และ บริเวณเหนือเขื่อน (Box Canyon damsite)

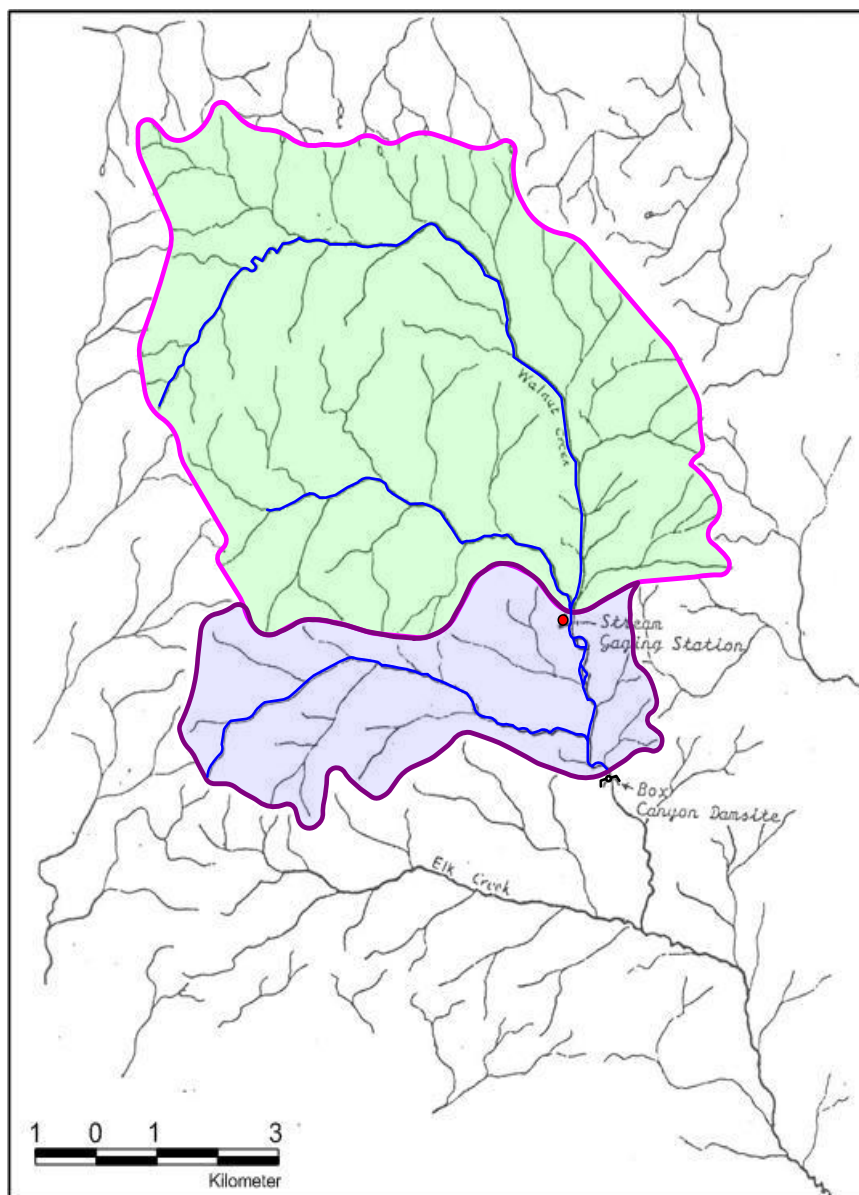


รูปตัวอย่างที่ 2.1 ก

วิธีทำ ขนาดของพื้นที่รับน้ำโดยปกติจะหาจากแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพถ่ายทางอากาศ นักอุทกวิทยาอาจพิจารณาเลือกจุดทางออกที่ตำแหน่งที่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำ บริเวณเหนือเขื่อน สะพานข้ามทางน้ำ หรือบริเวณจุดเปลี่ยนของทางน้ำ เป็นต้น

จากคำจำกัดความที่ว่า สันปันน้ำ หมายถึงแนวสันเขาหรือบริเวณที่สูงซึ่งแบ่งน้ำให้ไหลไปลงแม่น้ำลำธารที่อยู่แต่ละด้านของสันเขาหรือบริเวณที่สูงนั้น ทำให้เราหาเส้นแสดงขอบเขตพื้นที่รับน้ำได้จากการลากเส้นแบ่งสาขาของลำน้ำที่อยู่ใกล้กันแต่มีทิศทางการไหลออกสู่พื้นที่คนละด้านกัน ดังแสดงในรูปตัวอย่างที่ 2.1 ข

พื้นที่รับน้ำสำหรับจุดทางออกอยู่ที่สถานีวัดน้ำ คือ พื้นที่สีเขียว เส้นสีน้ำเงินแสดงลำน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำ ถ้าพิจารณาจุดทางออกอยู่ที่บริเวณเหนือเขื่อน ขนาดพื้นที่รับน้ำจะเพิ่มขึ้น (พื้นที่สีเทาในรูป) การคำนวณหาขนาดของพื้นที่รับน้ำแสดงอยู่ในหัวข้อที่ 2.2.3.3

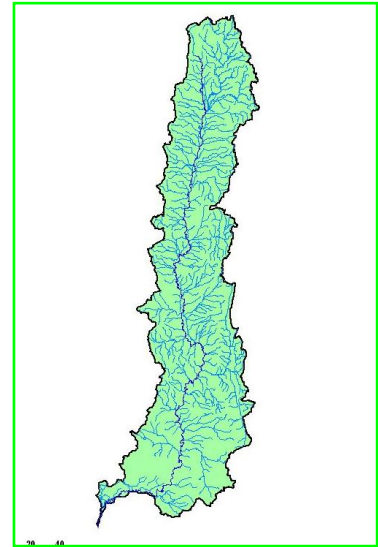


รูปตัวอย่างที่ 2.1 ข

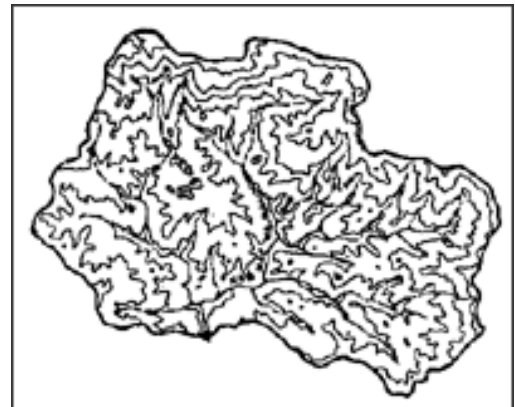
2.1.2 ลักษณะที่สำคัญและชนิดของลุ่มน้ำ

ชนิดของลุ่มน้ำและลักษณะที่สำคัญ อาจแบ่งออกได้ดังนี้

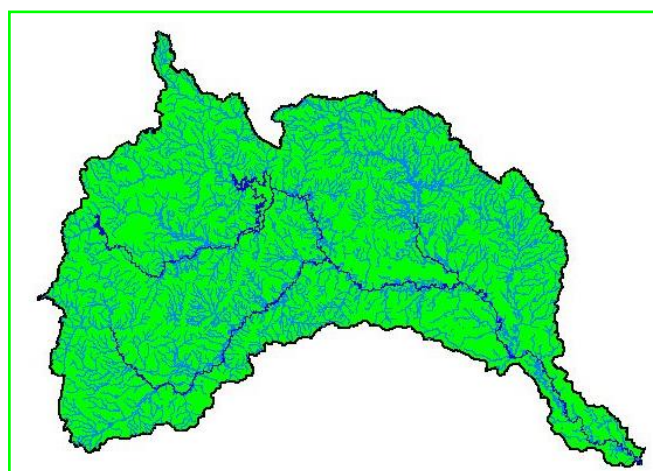
- (1) **ลุ่มน้ำรูปขนนก (featherlike basin)** ลุ่มน้ำรูปขนนกมีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กและยาวเรียว มีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ทั้ง 2 ฝั่ง ปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำชนิดนี้จะมีอัตราค่อนข้างต่ำ เพราะระยะเวลาที่ปริมาณน้ำของลำน้ำสาขาต่างๆ ไหลมาถึงจุดที่พิจารณาจะไม่เท่ากันหรือไม่ตรงกัน และใช้เวลานานในการเดินทางถึงจุดทางออก



- (2) **ลุ่มน้ำรูปวงกลม (radial basin)** ลุ่มน้ำรูปวงกลมมีพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลำน้ำเป็นรูปคล้ายพัดหรือรูปวงกลม และมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ที่จุดใดจุดหนึ่งจุดเป็นรัศมีของวงกลม ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะเช่นนี้ ปริมาณน้ำจะมารวมกันที่จุดเดียว ทำให้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ใกล้กับจุดบรรจบของลำน้ำ



- (3) **ลุ่มน้ำรูปขนาน (parallel basin)** ลุ่มน้ำชนิดนี้ มีพื้นที่ลุ่มน้ำแยกเป็น 2 ส่วน ซึ่งจะมารวมกันในตอนกลางหรือด้านท้ายน้ำของลุ่มน้ำ และน่าจะเกิดน้ำท่วมบริเวณตอนใต้ของสบแม่น้ำ



- (4) **ลุ่มน้ำรูปผสม (complexed basin)** ตามปกติแล้ว ลุ่มน้ำเพียงไม่กี่แห่งที่มีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังกล่าวข้างต้น แต่ส่วนใหญ่แล้วลุ่มน้ำหนึ่งจะมีคุณลักษณะหลายๆ ชนิดรวมอยู่ด้วยกันซึ่งเราเรียกว่า ลุ่มน้ำรูปผสม

2.1.3 กลุ่มน้ำหลักและการจัดกลุ่มลุ่มน้ำของประเทศไทย

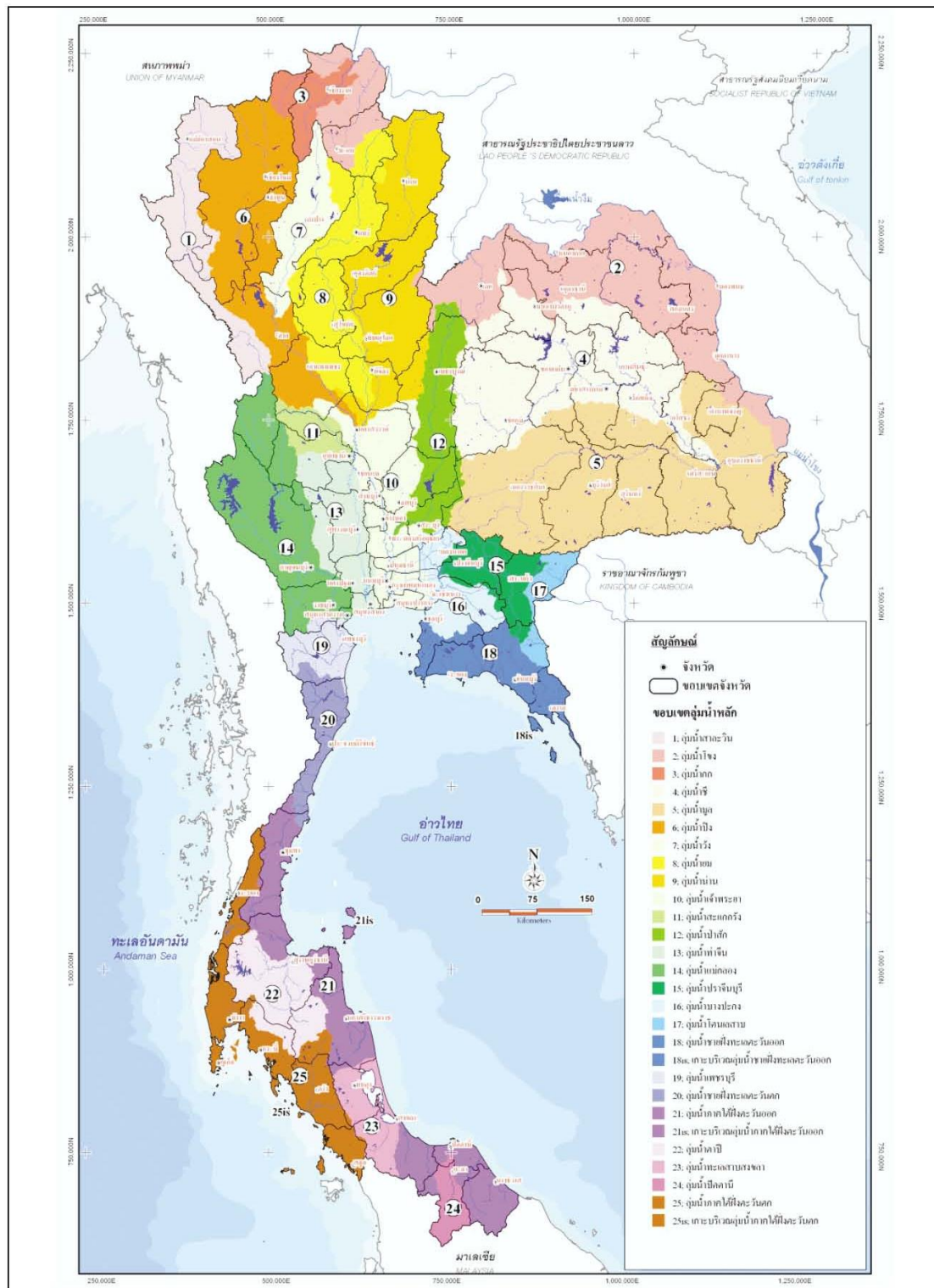
คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้แบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นลุ่มน้ำสำคัญ 25 ลุ่มน้ำ [1] ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำหลักจะยึดถือแม่น้ำสายใหญ่เป็นหลักในการกำหนดขอบเขตและการเรียกชื่อลุ่มน้ำ ยกเว้นในบางพื้นที่ เช่น บริเวณใกล้เขตแดนติดต่อกับประเทศอื่นหรือบริเวณชายทะเลซึ่งไม่มีแม่น้ำสายใหญ่ที่จะใช้เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำที่จัดแบ่งได้ จะกำหนดขอบเขตและเรียกชื่อลุ่มน้ำนั้นตามลักษณะของพื้นที่ชายฝั่ง เช่น ชายฝั่งทะเลตะวันออก ชายฝั่งทะเลตะวันตก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งถือตามทิศทางการไหลของน้ำลงสู่ทะเลในบริเวณพื้นที่นั้น ๆ เป็นหลัก และโดนเลสาบสำหรับบริเวณใกล้เขตแดนติดต่อกับประเทศกัมพูชา

นอกจากนี้ยังได้แบ่งพื้นที่ออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 254 ลุ่มน้ำย่อย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งประเทศประมาณ 511,361 ตร.กม. ซึ่งหากพิจารณาจากจุดออกหรือบริเวณที่แม่น้ำไหลลงแล้ว แม่น้ำในประเทศไทยอาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน คือ กลุ่มแม่น้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขง กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงแม่น้ำสาละวิน และกลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลโดยตรง ซึ่งในกลุ่มที่ 3 นี้ ยังแยกย่อยออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลด้านอ่าวไทย และกลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลอันดามัน อย่างไรก็ตาม กลุ่มลุ่มน้ำหลักที่ไหลออกสู่อ่าวไทยอาจแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก และกลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ด้านอ่าวไทย) และเมื่อรวมกับกลุ่มลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำโขง กลุ่มลุ่มน้ำแม่น้ำสาละวิน และกลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ด้านทะเลอันดามัน) พบว่าประเทศไทยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มลุ่มน้ำหลักได้จำนวน 9 กลุ่มลุ่มน้ำ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 254 ลุ่มน้ำย่อย แสดงในตารางที่ 2.1 สภาพภูมิประเทศของแต่ละลุ่มน้ำหลักและกลุ่มลุ่มน้ำหลัก แสดงอยู่ในรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 กลุ่มลุ่มน้ำหลักและจำนวนลุ่มน้ำย่อยของประเทศไทย

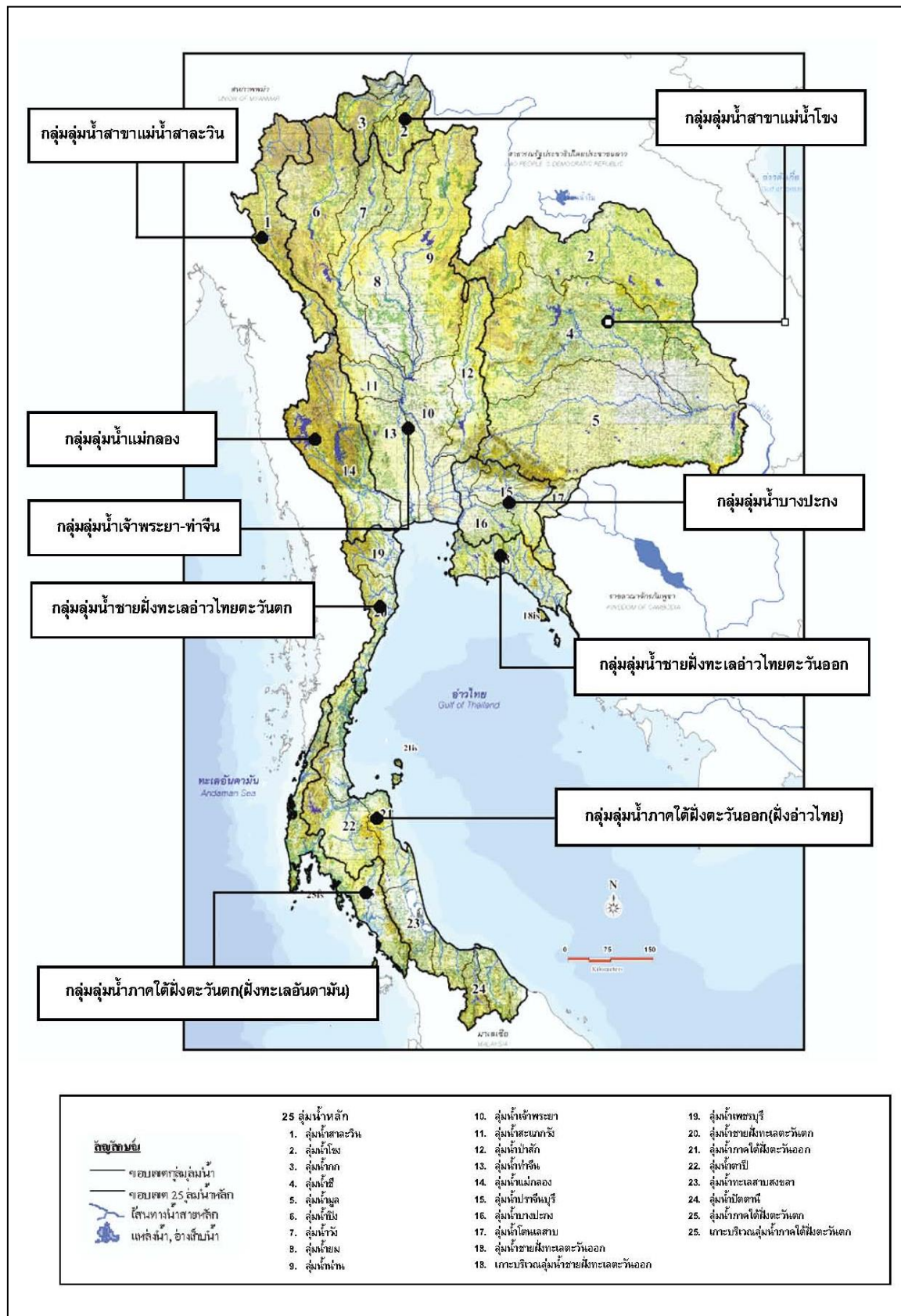
กลุ่มลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำรวม (ตร.กม.)	ชื่อลุ่มน้ำหลัก	จำนวน ลุ่มน้ำย่อย
1.กลุ่มลุ่มน้ำสาขามแม่น้ำโขง	188,645	โขง กก ชี มูล โตนเลสาบ	95
2.กลุ่มลุ่มน้ำสาขามแม่น้ำสาละวิน	17,918	สาละวิน	17
3.กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา - ท่าจีน	157,925	ปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง ปาลัก เจ้าพระยา ท่าจีน	70
4.กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	30,836	แม่กลอง	11
5.กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	18,458	ปราจีนบุรี บางปะกง	8
6.กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	13,829	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	6
7.กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	12,347	เพชรบุรี ชายฝั่งทะเลตะวันตก	8
8.กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ด้านอ่าวไทย)	50,930	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตาปี ทะเลสาบ สงขลา ปัตตานี	26
9.กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ด้านทะเลอันดามัน)	20,473	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	13
รวม	551,361		254

ที่มา : ชมรมนักอุทกวิทยาไทย [1]



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดง 25 ลุ่มน้ำหลักและขอบเขตการปกครองของประเทศไทย

ที่มา : ชมรมนักอุทกวิทยาไทย [1]



รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศของกลุ่มลุ่มน้ำและแม่น้ำหลัก

ที่มา : ชมรมนักอุทกวิทยาไทย [1]

2.2 การวัดรายละเอียดจากแผนที่ภูมิประเทศ (Measurements from Topographic Maps)

ในทางอุทกวิทยานั้น การวัดรายละเอียดทางกายภาพเกี่ยวกับลุ่มน้ำหรือบริเวณรับน้ำฝน (watershed) นับว่าสำคัญและจะเป็นต้องนำรายละเอียดต่างๆ ที่วัดได้ไปใช้ในการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ ส่วนมากจะใช้แผนที่ภูมิประเทศหรือภาพถ่ายทางอากาศสำหรับงานวัดรายละเอียดทางกายภาพของลุ่มน้ำดังกล่าว ซึ่งอาจจะจำแนกการวัดรายละเอียดออกได้ 3 ประการดังนี้

- (1) การวัดความยาวหรือระยะทาง
- (2) การวัดความลาดเอียงหรือความแตกต่างทางระดับ
- (3) การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ

การวัดรายละเอียดทั้งสามประการนี้สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่จะได้กล่าวต่อไปนี้เป็นหลักการพื้นฐานที่ใช้สำหรับวัดรายละเอียดต่าง ๆ ได้แบบง่าย โดยในปัจจุบันมีเครื่องมือหรือโปรแกรมการคำนวณต่าง ๆ ที่ทันสมัย เช่น โปรแกรม AutoCAD ซึ่งสามารถวัดรายละเอียดต่าง ๆ ได้สะดวกและรวดเร็ว (รายละเอียดของโปรแกรมคำนวณไม่ได้กล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้)

สำหรับมาตราส่วนของแผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศที่นิยมใช้กันทั่วไปในงานอุทกวิทยา มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของแผนที่โดยทั่วไปและตัวคูณประกอบมาตราส่วน

ชนิดของแผนที่	มาตราส่วน	ตัวคูณประกอบมาตราส่วน	
		กิโลเมตร/เซนติเมตร	ไมล์/นิ้ว
แผนที่วาดลายเส้น	1:500	0.005	0.0079
ภาพถ่ายทางอากาศ	1:4,000	0.040	0.0631
แผนที่วาดลายเส้น	1:4,000	0.040	0.0631
ภาพถ่ายทางอากาศ	1:15,000	0.150	0.2367
แผนที่จำแนกชนิดดิน	1:20,000	0.200	0.3157
แผนที่วาดลายเส้น	1:50,000	0.500	0.7891
แผนที่การบินภูมิภาค	1:500,000	5.000	7.8914
แผนที่การบินทั่วโลก	1:1,000,000	10.000	15.7828
แผนที่วาดลายเส้น	1:2,500,000	25.000	39.4570

2.2.1 การวัดความยาวหรือระยะทาง (Length or Distance Measurement)

ระยะทางจากแผนที่ภูมิประเทศที่นิยมใช้กันมากในวิชาอุทกวิทยาก็คือ ระยะทางที่เกี่ยวข้องกับความยาวคดเคี้ยวของแม่น้ำ ลำธาร และความยาวของเส้นระดับชั้นความสูง (contour line) การวัดระยะทางจากแผนที่ภูมิประเทศดังกล่าว ทำได้หลายวิธีโดยใช้เครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ ดังนี้

- (1) วงเวียนวัดระยะ (Pair of Dividers)
- (2) สายวัดหรือด้ายวัด (Thread Length)
- (3) ริมแถบกระดาษ (Edge of Paper Strip)
- (4) ล้อวัดระยะทาง (Opisometer or Curvimeter)
- (5) เครื่องแปลงจากรูปเป็นเชิงเลข (analog to digital converter)

2.2.1.1 วงเวียนวัดระยะ (Pair of Dividers)

ความยาวของลำน้ำสามารถวัดได้โดยกางวงเวียนวัดระยะออกเป็นระยะสั้นๆ ซึ่งระยะสั้นๆ ที่กาง วงเวียนนี้จะขึ้นอยู่กับความคดเคี้ยวของลำน้ำในแผนที่ ถ้าหากว่าลำน้ำมีความคดเคี้ยวมาก ก็กางวงเวียนให้มีระยะสั้นๆ เพื่อจะได้ลดความคลาดเคลื่อนจากการวัด เมื่อกางวงเวียนให้ได้ระยะที่เหมาะสมแล้วก็เคลื่อนปลายแหลมของวงเวียนวัดระยะสลับไปตามแนวเส้นกึ่งกลางของลำน้ำและนับจำนวนช่วงของวงเวียนที่เคลื่อนสลับไปว่ามีกี่ครั้ง จากนั้นก็สามารถคำนวณหาความยาวของลำน้ำได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ความยาวของลำน้ำ} = (\text{จำนวนครั้งที่เคลื่อนสลับวงเวียน}) \times (\text{ความยาวของช่วงวงเวียน}) \times (\text{ตัวคูณประกอบมาตราส่วนแผนที่})$$

2.2.1.2 สายวัดหรือด้ายวัด (Thread Length)

วิธีการคือ ทากาวยาง (rubber cement) ตลอดความยาวของลำน้ำหรือเส้นระดับชั้นความสูงของระดับดินที่ต้องการทราบความยาวบนแผนที่อย่างระมัดระวัง ใช้เส้นด้ายหรือลวดทองแดงบางๆ ที่มีสีเส้นชัดเจนวางทาบไปตามแนวลำน้ำหรือเส้นระดับชั้นความสูงที่ทากาวยางไว้แล้ว ต่อมาก็พยายามใช้ปลายวงเวียนช่วยให้เส้นด้ายแนบไปตามรอยคดเคี้ยวของเส้นที่ต้องการวัดความยาวให้มากที่สุด จากนั้นใช้ปลายมีดโกนตัดปลายทั้งสองข้างของเส้นด้ายให้พอดีกับช่วงของลำน้ำหรือเส้นระดับชั้นความสูงที่ต้องการวัดความยาว แล้วค่อยๆ ดึงเส้นด้ายขึ้นจากแผนที่ ยึดเส้นด้ายออกเทียบกับมาตราส่วนเพื่อหาระยะทาง การใช้กาวยางนั้นจะสะดวกในเรื่องที่สามารถลบออกจากแผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศได้โดยไม่มีร่องรอยเสียหายมากแต่อย่างใด

2.2.1.3 ริมแถบกระดาษ (Edge of Paper Strip)

วางขอบกระดาษด้านหนึ่งให้เป็นเส้นสัมผัสกับแนวลำน้ำที่จุดเริ่มต้นของลำน้ำ ทำเครื่องหมายหัวลูกศรบนกระดาษตรงจุดเริ่มต้นของลำน้ำ ใช้ปลายดินสอหรือปลายวงเวียนกดริมกระดาษไว้ตรงจุดที่แนวกระดาษกับแนวโค้งของลำน้ำเริ่มแยกจากกัน หมุนแผ่นกระดาษโดยใช้ปลายดินสอที่กดอยู่เป็นจุดหมุนให้ขอบกระดาษเป็นเส้นสัมผัสกับแนวลำน้ำในช่วงถัดไป ต่อมาก็เลื่อนปลายดินสอไปกดริมกระดาษตรงจุดปลายอีกด้านหนึ่งของลำน้ำ ความยาวของลำน้ำก็คือระยะทางตามแนวริมขอบกระดาษจากหัวลูกศรตั้งต้นจนถึงหัวลูกศรที่จุดปลายนั่นเอง ซึ่งจะมีหน่วยเป็นนิ้วหรือเซนติเมตร (ตามความเหมาะสม) และเมื่อคูณด้วยตัวคูณประกอบมาตราส่วนแผนที่ ก็จะได้ความยาวจริงของลำน้ำตามต้องการ ถ้ากระดาษแผ่นเดียวไม่พอวัดความยาวของลำน้ำ ก็ใช้กระดาษแผ่นที่สองต่อไปได้ วิธีนี้มีข้อดีที่แผ่นกระดาษจะให้ข้อมูลของความยาวในรูปที่ตรวจสอบได้ง่ายในเวลาต่อมาโดยผู้ใดก็ได้

การใช้แถบกระดาษวัดระยะทางตามแนวลำน้ำเป็นวิธีหาข้อมูลในการสร้าง profile ของลำน้ำอีกด้วย เมื่อใดก็ตามที่ขอบกระดาษผ่านจุดซึ่งแนวลำน้ำตัดกับเส้นระดับชั้นความสูงบนแผนที่ ให้ทำเครื่องหมายเล็กๆ บนขอบกระดาษและระบุระดับความสูงตามเส้นระดับชั้นนั้น ความแตกต่างทางระดับ

ระหว่างเครื่องหมายเหล่านี้ เมื่อเปรียบเทียบหรือแปลงให้เป็นระยะทางในแนวพื้นดิน จะได้เป็นค่าความลาดเอียงโดยเฉลี่ยของลำน้ำระหว่างจุดต่างๆ ที่ทำเครื่องหมายไว้

2.2.1.4 ล้อวัดระยะทาง (Opisometer or Curvimeter)

ล้อวัดระยะทางเป็นเครื่องมือซึ่งประกอบด้วยหน้าปัทม์ (dial) ที่มีฟันเฟืองเชื่อมกับลูกกลิ้งเล็กๆ วิธีการวัดระยะทางก็คือลากลูกกลิ้ง (roller) ไปตามแนวเส้นกึ่งกลางของลำน้ำ ตัวเลขบนหน้าปัทม์จะแสดงระยะทางที่ลูกกลิ้งเคลื่อนที่ไปซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้วหรือเซนติเมตร ซึ่งจะมีมาตราส่วนเปลี่ยนเป็นระยะทางจริงได้ โดยปกติแล้วการตั้งตัวเลขบนหน้าปัทม์ให้เป็นศูนย์ที่จุดเริ่มวัดทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องอ่านตัวเลขบนหน้าเมื่อเวลาเริ่มวัดเสียก่อน จากนั้นจะได้ผลต่างระหว่างการอ่านครั้งสุดท้ายกับการอ่านครั้งแรกจะเป็นระยะทางของลำน้ำที่วัดได้

ปัญหาสำคัญเกี่ยวกับเครื่องมือชนิดนี้ก็คือ การวัดความยาวของลำน้ำหรือเส้นระดับขึ้นความสูงที่คดเคี้ยวมากบนแผนที่ เพราะเป็นการลำบากหรือยากมากที่จะลากลูกกลิ้งไปตามแนวเส้นกึ่งกลางของลำน้ำที่คดเคี้ยวได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นจึงควรวัดระยะอย่างน้อยสามครั้งและหาระยะทางที่ถูกต้องจากค่าเฉลี่ยของการวัดทั้งสามครั้งนั้น การวัดครั้งใดที่ต่างจากค่าเฉลี่ยเกินห้าเปอร์เซ็นต์จะต้องตัดทิ้งไปและทำการวัดใหม่

2.2.1.5 เครื่องแปลงจากรูปเป็นเชิงเลข (Analog to Digital Converter)

ความยาวของลำน้ำหรือเส้นระดับขึ้นความสูงอาจหาได้จากวิธีคำนวณโดยทางอ้อมด้วยการวัดระยะทางของลำน้ำหรือเส้นระดับขึ้นความสูงช่วงสั้นๆ ในรูปของพิกัดแกน x, y ด้วยเครื่องมือพิเศษ และบันทึกค่าพิกัดไว้ในเทปแม่เหล็ก เทปเจาะรูหรือบัตรเจาะรูของ IBM ค่าความยาวของลำน้ำที่ต้องการทราบจะหาได้จากผลบวกของระยะทางย่อยที่ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\Delta \text{ ระยะทาง} = \sqrt{(\Delta x^2) + (\Delta y^2)}$$

วิธีการนี้จะใช้ประกอบกับคอมพิวเตอร์ดิจิทัลที่มีความเร็วในการคำนวณสูง เป็นวิธีการซึ่งสามารถเปลี่ยนข้อมูลพื้นฐานจากแผนที่ให้อยู่ในรูปของข้อมูลสำหรับทำงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำและเสียค่าใช้จ่ายไม่มาก ปัจจุบันนี้การใช้เครื่องเปลี่ยนค่าเป็นเชิงเลขสามารถคำนวณระยะของพิกัด x และ y ได้แม่นยำถึง 0.001 นิ้ว

2.2.2 การวัดความลาดเอียงหรือความแตกต่างทางระดับ (Measurement of Slope or Difference in Elevation)

ความแตกต่างในทางระดับระหว่างจุดสองจุดในบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนหรือตามลำน้ำเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากในเรื่องศาสตร์ของการไหลของน้ำจากบริเวณรับน้ำฝน ความลาดเอียงเป็นสัดส่วนกับอัตราที่พลังงานศักย์ (potential energy) ของน้ำที่ระดับสูงทางต้นน้ำของบริเวณรับน้ำฝนเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) และในกระบวนการนี้จะมีการสูญเสียพลังงานในรูปแบบต่างๆ กัน น้ำอาจจะถูกเก็บไว้ตามแหล่งเก็บน้ำที่มีอยู่ทั่วไปในบริเวณรับน้ำฝน และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางผ่านระบบอุทกวิทยามีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกับค่าของความลาดเอียง

ค่าความลาดเอียงที่มีความสำคัญในเรื่องชลศาสตร์ของทางน้ำเปิด (open channel) ก็คือ ค่าเฉลี่ยความลาดเอียงของท้องน้ำ (bed of bottom slope) ความลาดเอียงของท้องน้ำจะชันมากในช่วงต้นๆ น้ำ และค่อยๆ ลาดลงในขณะที่ลำน้ำเข้าไปใกล้หุบเขา รูป profile ของลำน้ำจากต้นน้ำมายังจุดที่มีความสำคัญหรือจุดที่สนใจที่บริเวณลุ่มน้ำตอนล่างจะมีประโยชน์มากต่อการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการทำรูปตัดตามความยาว (profile) ของลำน้ำนั้นจะได้มาจากการวัดจากแผนที่ภูมิประเทศที่มีเส้นแสดงระดับชั้นความสูง ดังนั้นความถูกต้องของรูปตัดตามความยาวของลำน้ำจะขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่และความถี่ของเส้นแสดงระดับชั้นความสูง

ข้อมูลค่าความลาดเอียงในการเขียนแผนภูมิแสดงรูปตัดตามความยาวของลำน้ำได้จากการวัดระยะความยาวของร่องน้ำระหว่างจุดตัดต่างๆ ของแนวเส้นกึ่งกลางร่องน้ำกับเส้นระดับชั้นความสูงที่ตัดแนวร่องน้ำบนแผนที่ เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้มักจะได้มาพร้อมๆ กับงานวัดความยาวของลำน้ำสายใหญ่ของลุ่มน้ำ ดังนั้นงานทั้งสองอย่างจึงอาจทำควบคู่กันได้ วิธีการวัดบางวิธีที่กล่าวไปในหัวข้อการวัดระยะทางสามารถนำมาใช้กับงานชนิดนี้ได้ ระยะทางระหว่างแต่ละจุดตัดของแนวกึ่งกลางลำน้ำกับเส้นระดับชั้นความสูงจะถูกบันทึกเพิ่มเติม ในขณะที่ทำการวัดความยาวทั้งหมดของลำน้ำ

2.2.2.1 ความลาดเอียงของการไหลนอง (Overland Flow Slope)

ในการศึกษาการไหลนองของลุ่มน้ำ ค่าความลาดเอียงของพื้นดินตรงจุดก่อนที่น้ำนองจะไหลมาถึงลำน้ำจะเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญยิ่ง ค่าความลาดเอียงเฉลี่ยของพื้นที่จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำจะหาได้จากการเลือกจุดตัด (grid points) แบบตารางขึ้นมาจำนวนหนึ่งด้วยการสุ่มตัวอย่าง แล้วทำการวัดเส้นความลาดที่ชันที่สุดของจุดตัวอย่างเหล่านี้ เส้นความลาดที่ชันมากที่สุดจะอยู่ในบรรดาเส้นซึ่งลากตั้งฉากกับแนวเส้นระดับชั้นความสูง ความลาดเอียงนี้จะหาได้จากการวัดระยะความยาวระหว่างเส้นระดับชั้นความสูงซึ่งตัดกับเส้นที่ลากตั้งฉากกับแนวเส้นระดับชั้นความสูงนั่นเอง

2.2.2.2 ความลาดเอียงของผิวน้ำใต้ดิน (Ground Water Gradient)

ความลาดเอียงของระดับน้ำใต้ดิน (water table gradient) จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการไหลของน้ำใต้ดิน การที่จะแก้ปัญหานี้ได้ต้องอาศัยแผนที่แสดงระดับน้ำใต้ดิน เส้นระดับชั้นของน้ำใต้ดินจะสมมุติว่าเป็นเส้นที่แสดงศักยภาพ (potential) ที่เท่ากัน ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินถือว่าไหลในแนวตั้งฉากกับเส้นเหล่านี้ และความเร็วของการไหลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลาดเอียงของแนวการไหล การวัดค่าความลาดเอียงวัดจากระยะสั้นที่สุดระหว่างเส้นระดับชั้นของน้ำใต้ดินที่อยู่ติดกัน

2.2.3 การวัดพื้นที่ (Area Measurement)

ผู้ที่ทำงานด้านอุทกวิทยามีปัญหาที่จะต้องวัดขนาดพื้นที่อยู่บ่อยๆ เช่น การวัดขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำตามแนวเส้นสันปันน้ำในแผนที่ภูมิประเทศ การวัดขนาดพื้นที่ที่แสดงลักษณะต่างๆ กันเกี่ยวกับลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะดินหรือพืชที่ปกคลุมผิวดิน การหาพื้นที่ภายใต้เส้นกราฟ การคำนวณหาปริมาตร (ความลึกคูณด้วยพื้นที่) ของอ่างเก็บน้ำ และการหาปริมาตรการตกสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น วิธีการต่างๆ ที่จะกล่าวเกี่ยวกับการวัดพื้นที่จะคำนึงถึงขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำเป็นหลัก ซึ่งวิธีเหล่านี้

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดพื้นที่ของรูปร่างใดๆ ก็ได้ วิธีการที่ใช้วัดพื้นที่ที่สามารถแบ่งออกได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- (1) การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)
- (2) เครื่องวัดพื้นที่ (Polar Planimeter)
- (3) การทำตาราง (Dot Grid)
- (4) การแบ่งเป็นแถบ (Strip Subdivision)
- (5) การแบ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต (Geometric Subdivision)
- (6) เครื่องแปลงจากรูปเป็นเชิงเลข (Analog to Digital Converter)

2.2.3.1 การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)

พื้นที่ลุ่มน้ำใดๆ สามารถประมาณหาได้อย่างง่ายดายด้วยการเปรียบเทียบพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้จากแผนที่ภูมิประเทศกับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดพอๆ กัน และมีมิติใกล้เคียงกันซึ่งทราบค่าอยู่ก่อนแล้ว เมื่อทราบค่ามิติของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ก็จะทราบขนาดของพื้นที่ซึ่งประมาณเท่ากับพื้นที่ลุ่มน้ำที่ต้องการทราบพื้นที่นั่นเอง วิธีนี้เร็วและสะดวก แต่มีความคลาดเคลื่อนมาก

2.2.3.2 เครื่องมือวัดพื้นที่ (Polar Planimeter)

เป็นเครื่องมือซึ่งใช้กันกว้างขวางโดยอ่านค่าจากหน้าปัทม์ตัวเลข ซึ่งจะมีค่าเป็นสัดส่วนกับขนาดพื้นที่ที่ลากเครื่องมือไปโดยรอบเส้นขอบเขตของพื้นที่ เครื่องมือชนิดนี้จะมียุคลาก (tracer point or optical cursor) ซึ่งจะวางไว้ตรงจุดเริ่มต้นบนเส้นรอบรูปหรือเส้นขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ดูรูปที่ 2.3) อ่านตัวเลขเริ่มต้นบนหน้าปัทม์ไว้ก่อน (เครื่องมือวัดพื้นที่บางชนิดจะติดตั้งอุปกรณ์ที่ปรับตัวเลขบนหน้าปัทม์ให้เป็นศูนย์ได้ทันทีตอนเริ่มต้นลากจุดลาก) จากนั้นก็ลากจุดลากไปตามแนวเส้นรอบรูปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยต้องให้จุดลากเคลื่อนไปตามแนวเส้นรอบรูปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้จนกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง และทำการอ่านหน้าปัทม์อีกครั้ง ตัวเลขความแตกต่างที่อ่านได้จากตอนเริ่มต้นและตอนหลังสุดนี้จะเป็นสัดส่วนกับขนาดของพื้นที่ดังกล่าว โดยปกติจะทำการวัดพื้นที่ประมาณสามครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้ ขนาดของพื้นที่ในแผนที่จะคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ขนาดพื้นที่} = (\text{จำนวนหน่วยของเครื่องมือวัดพื้นที่ที่อ่านได้}) \times (\text{พื้นที่ต่อหน่วยของเครื่องมือวัดพื้นที่}) \times (\text{มาตราส่วนของแผนที่})$$

พื้นที่ต่อหน่วยของเครื่องมือวัดพื้นที่หาได้โดยลากเส้นรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งทราบขนาดพื้นที่ในหน่วยของพื้นที่ลุ่มน้ำต่อตัวเลขที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด ในบางกรณีอาจจะใช้มาตราส่วนในแผนที่ไปเปิดค่าแฟคเตอร์จากตารางที่ติดมากับเครื่องมือวัดพื้นที่ ซึ่งเมื่อนำค่าแฟคเตอร์นี้ไปคูณกับตัวเลขที่อ่านได้ ก็จะเป็นขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำในแผนที่นั่นเอง

เครื่องมือวัดพื้นที่บางอย่างจะติดตั้งแขนลาก (tracer arm) ซึ่งสามารถปรับได้และสามารถอ่านค่าพื้นที่ใดก็ได้อย่างถูกต้อง (หน่วยใดๆ ก็ได้) ถ้าเครื่องปรับ (carriage block) อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอนบนตำแหน่งหนึ่งบนแขนลาก ค่าพื้นที่ที่ถูกลากรอบรูปจะอ่านได้เป็นตารางนิ้วหรือตารางเซนติเมตรได้ทันที

รายละเอียดและคำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดพื้นที่มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 เครื่องวัดพื้นที่ 2 แบบ :

- 1) แบบ Siemens & Halske (ผลิตโดย A. Blankenburg), ประเทศเยอรมัน ประมาณปี ค.ศ. 1930 (รูปบนซ้าย)
และ 2) แบบ Allbrit/Stanley, ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1950 (รูปบนขวา)

รูปมุล่างซ้าย : รายละเอียดเกี่ยวกับ Carriage Block ของเครื่องวัดแบบ Siemens & Halske

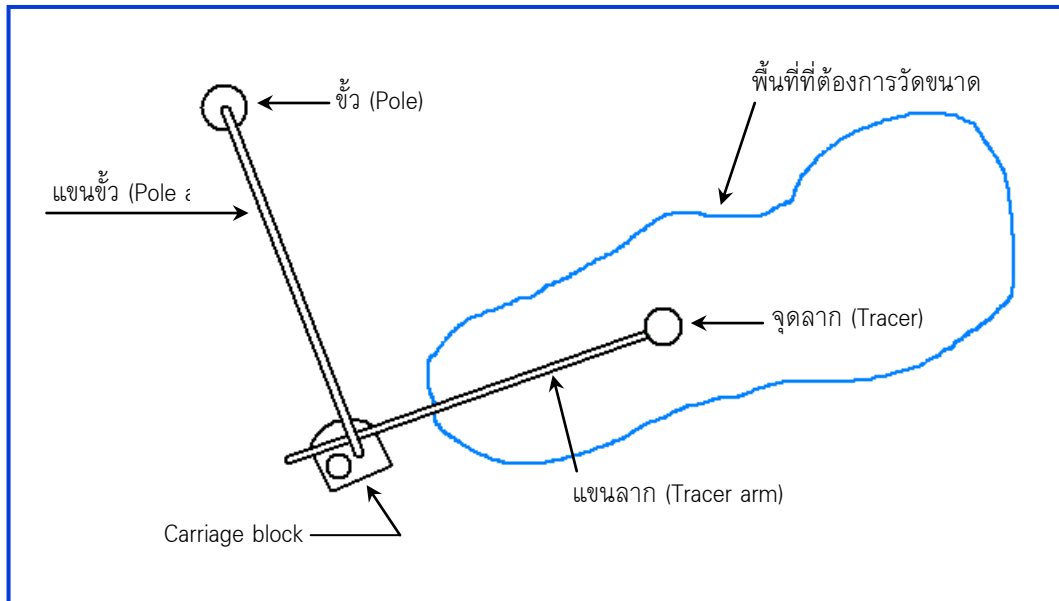
ที่มา : <http://www.science.uva.nl/museum/planimeter.html>

รายละเอียดการใช้เครื่องวัดพื้นที่

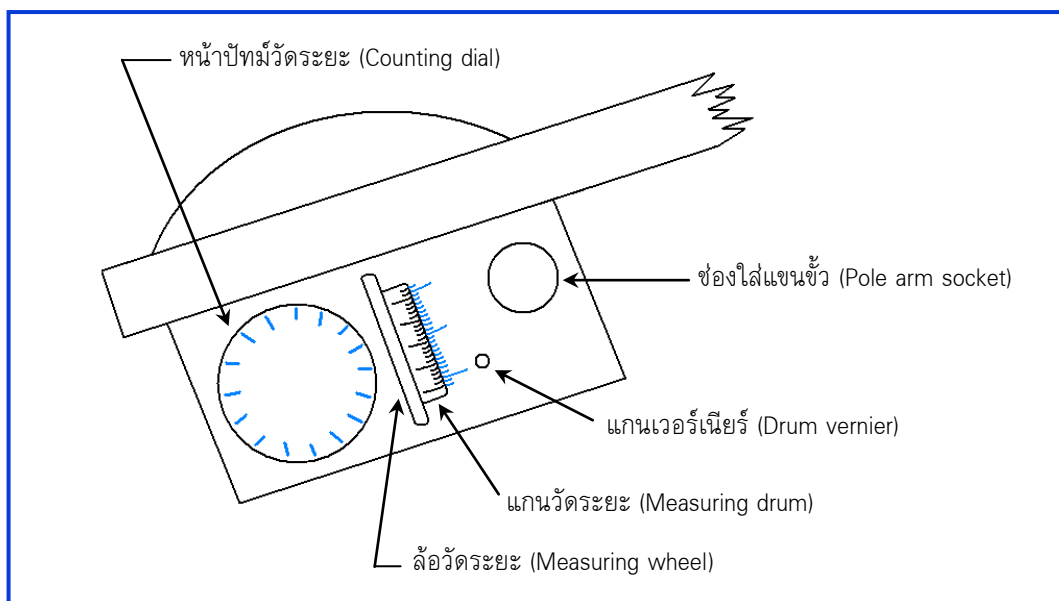
การใช้เครื่องวัดพื้นที่ที่มีวิธีการตามขั้นตอนดังนี้ (ดูรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 ประกอบ)

- (1) ด้วยการประมาณด้วยสายตา วางจุดลาก (tracer) ที่จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ที่จะทำการวัด โดยให้แขนลาก (tracer arm) ขนานกับแกนหลักของพื้นที่
- (2) ปรับขั้ว (pole) จนกระทั่งแขนขั้ว (pole arm) และแขนลากเป็นมุมตั้งฉากกัน
- (3) เคลื่อนจุดลาก (tracer) ไปยังจุดใดๆ ที่อยู่บนเส้นรอบรูปของพื้นที่
- (4) อ่านและบันทึกตัวเลขที่ (เครื่องมือบางอย่างอาจปรับให้เริ่มต้นที่ศูนย์ได้)
 - (ก) หน้าปัทม์วัดระยะ (counting dial)
 - (ข) แกนวัดระยะ (measuring drum)
 - (ค) แกนเวอร์เนีย (drum vernier)
- (5) ลากจุดลากไปตามแนวเส้นรอบรูปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนครบและมาหยุดที่จุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง

- (6) อ่านและบันทึกตัวเลขที่
 - (ก) หน้าปัทม์วัดระยะ
 - (ข) แกนวัดระยะ
 - (ค) แกนเวอร์เนีย
- (7) ผลต่างระหว่างการอ่านครั้งสุดท้ายและครั้งแรกจะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ที่ลากผ่านเส้นรอบรูปดังกล่าว



รูปที่ 2.6 การวางเครื่องมือวัดและพื้นที่ที่จะวัดขนาด



รูปที่ 2.7 รายละเอียดเกี่ยวกับ Carriage block